Posch

Geschichte und System

der

Breitengrad-Messungen.

Eine Inaugural-Dissertation

von

Dr. Lorenz Posch.

Freysing.

Druck von Franz Datterer.

1860.

Einleitung.

Es verspürt der Mensch von jeher den Drang in sich, zu denken und zu forschen über den Schauplatz seines Lebens. Dabei tritt regelmäßig die Frage in den Vorder-Grund, welche Gestalt hat dieser Schau-Platz, wo sind seine Gränzen, wie groß ist er? Es ist nun bekannt, welche Antwort sich die Völker des Alterthums hierauf gegeben haben, eine Antwort, die in den verschiedensten Ansichten ausgeprägt war, zu denen ihnen der Augenschein und die Phantasie verhalfen; bis endlich nach einer Reihe von griechischen Philosophen, die die Erde als irgend einen regelmäßigen geometrischen Körper aufzufassen sich bemühten, zur Zeit des Plato und Aristoteles die Ansicht, daß die Erde eine Kugelgestalt habe, welche Ansicht sicherlich auch schon unter den Chaldäern und Aegyptern aufgetaucht war, in Griechenland die herrschende wurde und bereits mit Gründen belegt zu werden anfing. Je klarer aber diese Anschauung in der Folge der Zeiten wurde, desto mehr trat der Wunsch hervor, den Erdball seiner Größe nach zu bestimmen und gestaltete sich zu dem bestimmten mathematischen Problem, den Umfang der Erde d. i. das Maß des größten Kreises der Erdkugel zu erforschen. Die Erde wurde gemessen. Diese Operation, aufgegriffen

schon im Alterthume, ward vorzüglich betrieben seit dem großen Aufschwunge der Wissenschaften im 16. Jahrhundert und ist bis auf unsere Tage zur künstlichsten und großartigsten Untersuchung gediehen. Es sind die Gradmessungen, denen nebst dem genannten Probleme später auch die Erforschung der Abweichung der Erde von der Kugelform oder der genauen Krümmung der Erdoberfläche zur Aufgabe ward; die Gradmessungen, die zahlreichst und glücklichst an den Meridianen der Erde, in bedeutend geringerer Anzahl und mit unzuverläßigem Ergebnisse aber auch an den Parallelkreisen vollzogen wurden.

Die Messungen der erstern Art, oder die sogenannten Breitengradmessungen bilden nun das Objekt dieser Abhandlung.

Das Werk einer Breitengradmessung besteht in einem geodätischen und in einem astronomischen Theile: es muß auf der Erde ein Bogen des Meridian nach seiner wahren Länge geodätisch bestimmt, dann am Himmel die entsprechende Amplitude astronomisch gesucht werden, worauf ein Schluß auf die Länge des ganzen Umkreises direkt gemacht werden kann, was bei den Längengradmessungen nur indirekt möglich ist. Die auf diesem Wege erlangten Resultate zogen dann vielfältige Berechnungen sowohl hinsichtlich der übrigen Größenverhältnisse der Erde als ganz besonders hinsichtlich der wahren Gestalt derselben nach sich.

Alle diese Bestrebungen sollen nun sammt ihren Resultaten hier aufgeführt und beleuchtet werden. Dabei soll der jedesmalige Fortschritt der Operation hervortreten; diese selbst aber mehr nur nach ihrer principiellen Seite dargestellt werden, weßwegen auch die Beschreibung der Instrumente in's Detail ausgeschlossen bleibt.

I. Gradmessungen des Alterthums.

§ 1.

Aelteste Angaben über die Größe der Erde.

Die erste Schätzung des Erdumfanges sollen die Chaldäer gemacht haben. Die Nachricht hievon findet sich aber nicht in den in der Sanscritsprache vorhandenen astronomischen Dokumenten der Chaldäer, sondern bei Arabern und Griechen.

In einer arabischen Biographie, einem erst in der neusten Zeit entdeckten Manuscripte, [1]) heißt es: „Nach den Chaldäern machen 4000 Schritte eines Kamels 1 Meile, und 33 1/3 Meile entsprechen einem halben Grade auf der Erde; demnach muß der ganze Umfang derselben 24000 Meilen betragen.“ Doch dieses Maß dürfte dem Almagest des Ptolemaeus, der für den Umfang der Erde 180,000 Stadien angiebt, entnommen sein, wobei nur 7 1/2 Stadien einer Meile gleichgesetzt sind. Dieß meinen auch andere arabische Schriftsteller und Bailly stellt die gleiche Behauptung auf. [2])

Eine andere Angabe hierüber schreibt der Grieche Achilles Talius (Uranolag. c. 26) den Chaldäern zu, denen auch Bailly [3]) sie sein läßt. Sie ist im Folgenden enthalten: „Ein Mensch, wenn er gut zu Fuße ist, würde, wenn er, ohne sich unter-

---

[1]) Froriep: Fortschritte der Geogr. u. Naturgeschichte II. Bd. p. 168 und ff. [2]) Bailly Geschichte der neuern Astron. I. p. 214. [3]) Geschichte der Astron. des Alterthums, Uebers. I. p. 176.

wegs aufzuhalten, immer gegen Morgen fortwandern könnte, um die ganze Erde in 1 Sonnenjahre herumkommen.“ Diese Meinung nahmen sie augenscheinlich von dem scheinbaren täglichen Sonnenumlaufe her, der binnen eines Jahres in allen 12 Zeichen des Zodiakus gemacht wird. Das gäbe 4383 Meilen für den Umfang, nach der Zeit gerechnet. Bailly berechnet aber den Weg, nimmt nach der Art der Chaldäer 30 Stadien auf eine Stunde und findet dadurch für den ganzen Umfang 262800 St.; daraus berechnet [4]) er den Grad zu 62485 Toisen.

Allein diese ganze Berechnung hat keine historischen Anhaltspunkte für sich, die auch für jede andere Berechnung fehlen.

Messungen der Griechen.

§. 2.

Ihre ersten Angaben über die Größe der Erde.

Ebenso dunkel und unsicher, wie die Schätzungen der Chaldäer, sind die ersten zwei Angaben über die Größe der Erde aus dem griechischen Alterthume, denen schwerlich eigentliche Messungen zu Grunde liegen dürften, da jede Nachricht über die Methode der Untersuchung fehlt. Daher können über das Zustandekommen dieser Maße nur Vermuthungen aufgestellt werden.

Die erstere dieser Angaben findet sich bei Aristoteles in seinem Werke de coelo lib. II. c. 14, wo es heißt: *Καὶ τῶν μαθηματικῶν ὅσοι τὸ μέγεθος ἀναλογίζεσθαι πείρωνται τῆς περιφερείας εἰς τετταράκοντα λέγουσιν εἶναι μυρίαδας . . . . .* sicherlich *σταδίων*. Das Wort fehlt im Text. Schon der Commentator Simplicius vermißte es und bemerkt [5]): „Wir können deßhalb nicht wissen, ob die Zahl des Aristoteles von den später gefundenen abweicht: wäre dieß der Fall, so

---

[4]) Die Ansicht Bailly's von dem Stadium wird später beleuchtet werden. (Anhang.) [5]) p. 134 b.

dürfte es uns eben nicht befremden, da die zu solchen Untersuchungen erforderlichen Theoreme [6]) erst von Archimedes erfunden sind." Es dürfte auch aus den angeführten Worten des Aristoteles hervorgehen, daß nur eine Schätzung, nicht aber eine Messung gemacht worden ist, da überdieß Aristoteles in einer anderen Stelle [7]) anführt, daß damals, wie früher die Entfernungen auf der Erde nur nach Tagreisen oder nach Tag- und Nachtfahrten geschätzt wurden. Da Aristoteles die Mathematiker nicht nennt, denen diese Schätzung angehört, so könnte man auch, sagt Ideler, [8]) versucht sein an Anaximander von Milet (circa 600 v. Chr.) zu denken, von dem Diogenes Laërtius sagt: καὶ γῆσ καὶ θαλάσσης περίμετρον πρῶτος ἔγραψεν. Allein diese Anmerkung läßt sich besser, wie dann auch Ideler hinweist, auf die erste Weltkarte beziehen, die Anaximander verfertigt haben soll [9]). Andererseits dürfte das ἀναλογίζεσθαι πείρωνται andeuten, daß Aristoteles von Zeitgenossen oder von nicht lange vorher Lebenden redet.

Ungefähr 100 Jahre später als Aristoteles berichtet uns Archimedes (circa 211 v. Chr.) in seiner Sandrechnung [10]) von andern Geometern, „Es haben einige zu zeigen versucht, daß die Erde etwa 30 Myriaden Stadien im Umfange halte," und er setzt noch bei: „Ich will aber freigebiger als sie das Zehnfache annehmen und setzen, daß der Umkreis nicht größer als 300 Myriaden Stadien sei." Es kam ihm dabei, wie überhaupt bei seiner Sandrechnung, offenbar nicht auf die wirkliche Größe der Erde, sondern blos auf eine runde Zahl an, die auf jeden Fall den wahren Umkreis in sich schloß. Zugleich ist aber wieder aus der Angabe selbst zu erkennen,

---

[6]) Simplicius meint hier sicherlich jene Theoreme, die später bei der Messung des Eratosthenes angegeben sind, um deren Begründung Archimedes viel Verdienst hat. [7]) Meteor II, 5 angeführt. [8]) Die Längen- und Flächenmaße der Alten III. Theil I. Abschnitt. [9]) Strabo I. p. 7 ed. Casaub. [10]) p. 320 ed. Torelli.

daß auch dieses Maß das Resultat einer Schätzung sei und nicht auf Beobachtungen beruhe, höchstens auf ganz unzuverläßigen, wie sie damals bei den dort vorhandenen Instrumenten noch alle waren, worüber Archimedes in dem nämlichen Buche klagt. Es ist daher nicht wahrscheinlich, daß, wie man auch vermuthet hat, Aristarchus aus Samos (circa 222) durch Beobachtungen mit dem Gnomon, der von ihm mit der sogenannten Scaphe versehen ward, jenes Maß gefunden habe. Auch hielt man sich zur Erklärung der 300,000 Stadien an eine Stelle[11]) des Cleomedes, worin es heißt: „den Einwohnern von Lysimachia gehe der Kopf des Drachen über den Scheitel, denen von Syene der Krebs. Der Bogen zwischen dem Drachen und dem Krebs sei der fünfzehnte Theil des Meridian, wie der Gnomon lehre, und beide Orte lägen um 20000 Stadien von einander entfernt." Daraus folgerte man, könnte die Zahl von 300,000 Stadien = 15. 20000 entstanden sein. Doch wenn man diese Stelle näher ansieht, so findet man leicht, daß Cleomedes gar nicht von einer Messung des Erdumfanges hier redet, sondern lediglich beweisen will, daß die Erdoberfläche keine Ebene ist. Uebrigens sind die Angaben dieser Stelle unrichtig. Um nur Eines hervorzuheben, so ist die Deklination des Mittelpunktes des Drachenkopfes etwa 52° 30'; davon die Ekliptikschiefe zu 23° 27' 41" abgezogen, da Syene im ganzen Alterthume unter dem Wendekreise des Krebses gedacht wurde, giebt ungefähr einen Bogen von 29° nicht von 24°, welcher der 15. Theil des ganzen Umfanges wäre. Nur so bedeutende Fehler könnten irgend eine Beziehung zwischen der Archimed. Zahl und dieser Stelle des Cleomedes verrathen, vorausgesetzt, daß Olympische Stadien gemeint sind; allein es kann nimmer zugelassen werden, daß mit diesen Worten eine Erdmessung angedeutet sei. Es finden sich im Alterthume weiter keine Nachrichten mehr über diese beiden Maße. Ueber die Größe der Stadie, wodurch diese Angaben eigentlich erst gewürdigt werden können, wird später die Rede sein.

[11]) Cycl. theor. I. 8. p. 42 ed. Balf.

Noch dürfte hier, besonders um des Folgenden willen, der Gebrauch, den die Griechen von dem bereits genannten Gnomon oder Schattenmesser gemacht haben, näher erörtert werden. Der Gnomon, der sicherlich schon den Chaldäern und alten Aegyptern bekannt war, soll in Griechenland zuerst von Anaximander und Pherecydes[12]), nach Plinius[13]) von Anaximenes, dem Schüler des Anaximander, gebraucht worden sein. Er besteht aus einem Stifte, der auf einer horizontalen Ebene senkrecht steht, auf die er seinen Schatten wirft. Er diente nun zunächst zur Bestimmung der Sonnenhöhe vermittelst seines Mittagsschattens, wobei noch eine trigonometrische Berechnung nothwendig war. Wenn aber ein Gnomon die Sonnenhöhe mit einiger Genauigkeit geben soll, so muß er bedeutende Dimensionen haben; deßhalb benutzte man auch in Aegypten die Obelisken zu Gnomonen. Allein mit der größern Höhe des schattenwerfenden Körpers wird auch der Schatten der Spitze verwaschener, was eine andere Fehlerquelle bildet, gegen die man erst später Vorkehrungen traf. Eine andere Verbesserung ward diesem Instrumente zu Theil durch Aristarchus, durch die man der trigonometrischen Berechnung überhoben war. Aristarchus vertauschte nämlich die ebene Fläche mit einem sphärisch gekrümmten Becken, in welchem in der Lage und Länge des Radius der Stiften errichtet war, wo dann der Winkel, den die Sonnenstrahlen mit dem vertikal gestellten Gnomon bildeten, sich unmittelbar auf der graduirten innern Fläche des Beckens zu erkennen gab. So hieß dieses Instrument nun nach seiner Gestalt Scaphe (σκάφη = Nachen, Kessel). Daß Aristarchus die Scaphe erfunden habe, versichert Vitruvius[14]), und Martianus Cappella beschreibt es[15]). Mit dieser Abänderung war der Gnomon nun auch geeigneter, die geographische Breite der einzelnen Orte der Erde zu bestimmen, wozu er seine zweite Anwendung gefunden hatte. Es wurde die Länge des Mittagsschattens am Tage der Nachtgleiche gemessen, welche Länge durch ihren Bogen in der Scaphe

[12]) Laerti I. § 119. [13]) h. n. II. 78. [14]) de Archit. IX. 6. [15]) Nupt. VI. p. 194 ed. Grotii.

unmittelbar die Entfernung des einzelnen Ortes vom Aequator, wo an diesem Tage kein Schatten sichtbar war, oder die geographische Breite angab. Dabei trat gewöhnlich in den so bestimmten Breiten ein Fehler von 14 bis 15′ gegen die neuern Bestimmungen zum Vorschein, da die Griechen bei diesem Verfahren den Halbschatten nicht zu berechnen wußten. Deßhalb mußten ihre Breitenangaben, da sie nur den von dem Nordrande der Sonne hervorgebrachten Schatten beobachteten, immer um 14 bis 15′ d. i. um den halben Durchmesser der scheinbaren Sonnenscheibe zu klein ausfallen. Letronne weist dieses[16]) an den Breiten mehrerer Städte, wie Kanopus, Heroopolis, Alexandria nach.

Einen dritten vorzüglichen Gebrauch fand der Gnomon mit der Scaphe als Sonnenuhr.

§ 3.

Messung des Eratosthenes.

Erst in der Alexandrinischen Akademie begegnet uns ein Versuch, die Größe der Erde zu bestimmen, welcher den Namen Messung wenigstens nach den dabei angewandten Grundsätzen verdient. Diese Stätte der Wissenschaften, die von den Ptolemäern seit 284 v. Chr. gegründet und begünstigt ward, erwarb sich um nichts mehr Verdienste, als um die Mathematik und Astronomie, die vorzüglich Aristarchus, Eratosthenes Hipparchus und Ptolemaeus zuerkannt werden müssen. Von diesen ward die Astronomie aus dem Stande der Kindheit herausgezogen und nicht mehr auf bloße Hypothesen wie früher, sondern auf wirkliche Beobachtungen basirt.

Eratosthenes nun (geb. 276) aus Kyrene, Bibliothekar des Königs Ptolemaeus Euergetes, war es, der das Problem der Erdmessung mit einem glücklichen Gedanken aufgriff. Hören wir über seine Methode den Cleomedes selbst, der hierüber

---

[16]) Pitheas und die Geogr. seiner Zeit von Lelewel, nebst einer Abhandlung von Letronne, übersetzt von Dr. Hoffmann, Leipzig 1838. Letronne III. Abschnitt § 2.

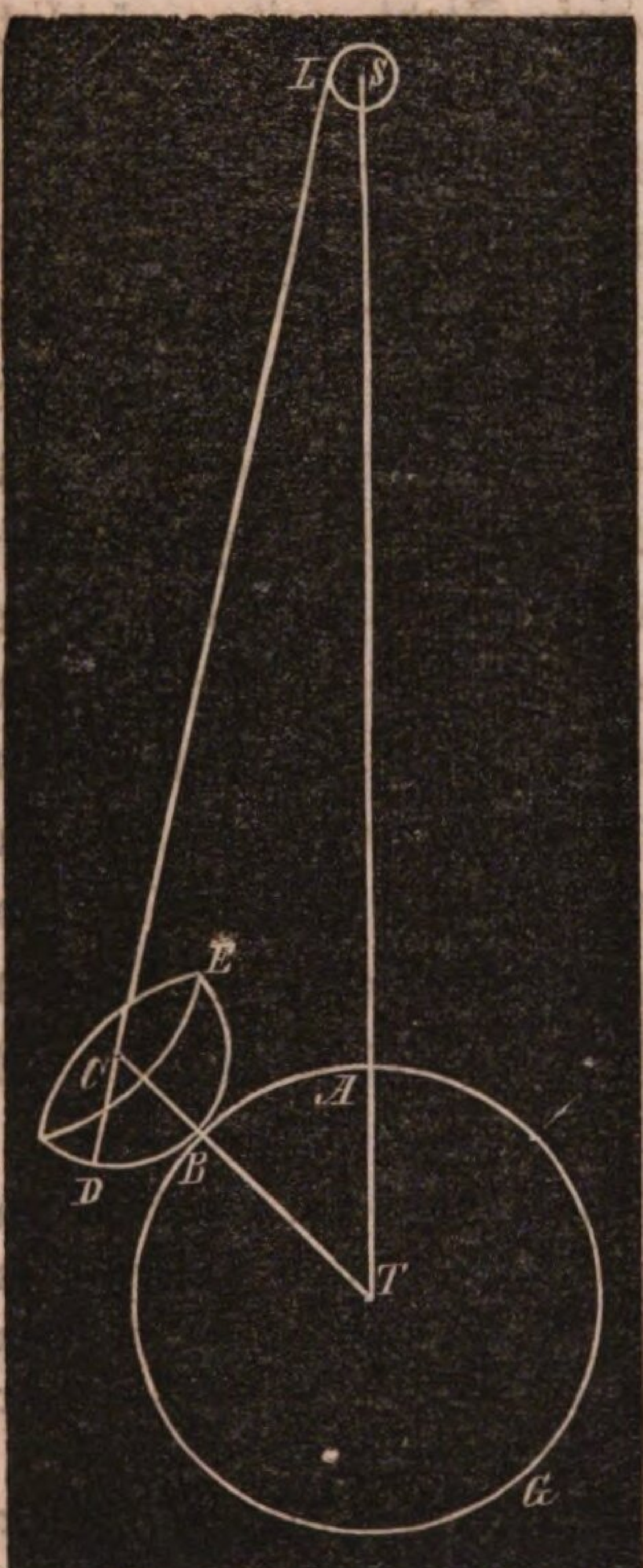
ausführlich Bericht erstattet. Er schreibt [17]): „Nach Eratosthenes liegen Syene und Alexandria unter einerlei Meridian. Da die Meridiane am Himmel zu den größten Kreisen gehören, so müssen auch die unter ihnen befindlichen Kreise auf der Erde größte sein. So groß also die Messung den durch Syene und Alexandria gehenden Kreis giebt, so groß ist der Umfang der Erde. Und so, sagt er, verhält es sich wirklich; Syene liegt unter dem Wendekreise des Krebses; mithin können daselbst die Gnomonen, wenn die Sonne im Sommerpunkte ist, und gerade culminirt, keinen Schatten werfen, weil die Sonne dann senkrecht über ihnen steht, und dieß [18]) ist bis auf 300 Stadien der Fall. In Alexandria dagegen werfen zu gleicher Zeit die Gnomonen einen Schatten, indem diese Stadt weiter nördlich als Syene liegt. Wenn wir nun von der Schattenseite des Gnomon in der Scaphe zu Alexandria bis zur Basis desselben einen Bogen ziehen, so ist dieser ein Stück des größten Kreises der Scaphe, weil er sich unter einem größten Kreise am Himmel befindet. Stellen wir uns ferner die Gnomonen von Syene und Alexandria verlängert vor, so werden sie am Mittelpunkte der Erde zusammentreffen. Da aber der Gnomon in Syene senkrecht unter der Sonne ist, so wird eine Linie von dieser zur Spitze des Gnomon gezogen in die Linie fallen, welche von ihr zum Mittelpunkt der Erde führt. Wenn wir uns dann eine andere Linie von der Schattengränze des Gnomon in der Scaphe zu Alexandria bis zur Sonne gezogen denken, so wird solche der vorigen parallel sein, indem beide von verschiedenen Punkten der Sonne zu verschiedenen Punkten der Erde gehen. [19])

---

[17]) Cycl. theor. I. 10. q. 53. [18]) Somit dachte er, daß dem Durchmesser der scheinbaren Sonnenscheibe eine Strecke von 300 Stadien auf der Erde entspreche. [19]) Ist wohl der Satz, daß die Sonnenstrahlen parallel anzunehmen sind, da auch zu jener Zeit schon die Entfernung der Sonne von der Erde als sehr groß erachtet wurde.

Sicherlich dürfte Erotosthenes „von ein- und demselben Punkte der Sonne“ statt „verschiedenen Punkten“ gesagt haben. (Ideler.)

Diese beiden parallelen Linien nun werden durch die vom Mittelpunkt der Erde zu dem Gnomon in Alexandria geführte Linie dergestalt geschnitten, daß die Wechselwinkel gleich sind. Der eine dieser Winkel wird am Mittelpunkt der Erde von den zusammentreffenden Verlängerungen der Gnomonen, der andere vom Gnomon zu Alexandria und der über seine Spitze von der Schattengrenze gezogenen Linie gebildet. Der letztere Winkel steht auf dem zwischen der Schattengrenze und der Basis des Gnomon liegenden Bogen der Scaphe, der andere auf dem Bogen des Erdumfanges zwischen Syene und Alexandria. Es sind aber die zu gleichen Winkeln gehörigen Bogen einander ähnlich. Eben das Verhältniß also, welches der Bogen in der



Scaphe zu seinem Umfange hat, eben dasselbe muß auch der Bogen zwischen Syene und Alexandria zum Erdumfange haben. Jener Bogen ist aber der fünfzigste Theil seines Umkreises; mithin muß auch dieser der fünfzigste Theil des Erdumfanges sein. Nun hält der letztere Bogen 5000 Stadien; es gehen folglich auf den Erdumfang 25 Myriaden Stadien. Dieß ist die Methode des Eratosthenes."

Die geometrische Construction dürfte das Verfahren des Eratosthenes noch deutlicher machen. In beigeschriebener Figur sei demnach S der Mittelpunkt der Sonne, T der Mittelpunkt der Erde. Der Kreis ABG stelle den Meridian der Orte A und B vor. A sei jener Ort, über dessen Scheitel die Sonne am Tage der Nachtgleiche perpendikulär

stehe (Syene); B ein anderer Ort unter demselben Meridian (Alexandria). Die Vertikale von A, ebenso die von B d. i. der Gnomon BC in der Scaphe DBE seien bis zum Mittelpunkte der Erde verlängert. Dann sei LC der äußerste Sonnenstrahl, der noch die Spitze des Gnomon trifft, so daß Bogen DB die Länge des Schattens bei der Nachtgleiche angiebt. Die beiden Strahlen LD und ST sind nahezu parallel und werden von der CT so geschnitten, daß die Wechselwinkel DCB und CTS gleich sind. Diesen beiden gleichen Centri-Winkeln der beiden größten Kreise DBE und ABG entsprechen aber ähnliche Bogen, so daß Bogen AB ebenso viele Grade am Meridian zählt als Bogen DB in der Scaphe anzeigt. Letzteren fand Eratosthenes $= 1/_{50}$ des größten Kreises $= 7^1/_5{}^{\circ}$, welcher Antheil daher auch dem Meridianbogen zwischen Syene und Alexandria zukömmt. Da aber die terrestrische Entfernung zwischen diesen beiden Städten der Annahme nach 5000 Stadien betrug, so hält der ganze Umfang des Meridian 50. 5000 d. i. 250,000 Stadien.

Diesem Schlusse liegen als Prämissen außer dem Theoreme, daß die Sonnenstrahlen als parallel anzusehen sind, noch drei andere Theoreme zu Grunde, die sich bis zur Zeit des Eratosthenes bereits geltend gemacht hatten. Diese sind a) daß die Erde eine Kugel sei, b) daß sie im Centrum der Welt liege c) der geometrische Satz: Gleiche Centri- oder Peripherie-Winkel stehen auf ähnlichen Bogen. Dieß sind die Theoreme, die zu einer Erdmessung nothwendigen, auf die Simplicius[20]) hindeutet. Sie mochten auch wirklich durch Archimedes ihre letzte und überzeugendste Begründung erhalten haben,[21]) dem sie Simplicius zuschreibt.

§ 4.
Fortsetzung.

Der Bericht von Cleomedes ist die einzige Quelle über die Messung des Eratosthenes; doch ein Resultat aus diesem

[20]) p. 134 b, [21]) De iis quae in humid. veh. Pron. II. p. 334 ed. Torelli und Achilles Tat. Isag. in Petav Uranol. p. 127.

Verfahren wird von mehreren Schriftstellern der Alten angeführt. Dabei ist es auffallend, daß Cleomedes allein die Zahl 250000 St., alle [22]) anderen aber, sowohl die Griechen Strabo, Geminus, Agathemer als auch die Römer Vitruvius, Plinius, Censorinus, Macrobius und Martianus Capella die Zahl 252000 Stadien angeben, so daß im ganzen Alterthume das letztere Maß allgemein gegolten zu haben scheint. [23]) Ja selbst auch Cleomedes scheint diese Zahl in einer andern Stelle anzugeben, während er in noch mehreren das Maß zu 250000 St., das er in seiner Beschreibung der Messungsmethode angegeben, beibehält. Diese Stelle [24]) heißt nun: *ἐπεὶ οὖν ἡ γῆ πέντε καὶ εικοσι μυριάδων καὶ σταδίων τεσσαράκοντα κατά τὴν Ἐρατοσθένους ἔφοδον κ. τ. λ.* Von dieser Stelle sagt nun Letronne: „Nur an dieser Stelle [25]) nennt er den Eratosthenes . . . . . . Das Wort *τεσσαράκοντα* machte den Herausgebern Schwierigkeiten. Aus der Aehnlichkeit der Schriftzeichen *β* und *μ* in den Handschriften, welche älter sind als das vierzehnte Jahrhundert läßt sich annehmen, daß statt *μ* (*τεσσαράκοντα*) zu lesen sei *β* (*δισχιλίων*), wodurch die Zahl 252000 auch von Cleomedes dem Eratosthenes zugeschrieben wird." Diese Emendation muß sicherlich für richtig angenommen werden; daher geht aus dem Zeugniße des ganzen Alterthums hervor, daß Eratosthenes nach seiner Untersuchung das Maß von 252000 Stadien für die Größe der Erde aufgestellt habe.

Was ist aber wohl die Veranlassung hierzu gewesen, da ihn seine Methode doch 250000 Stadien finden ließ? Sicherlich hat Eratosthenes 2000 Stadien hinzu gefügt, um die be-

---

[22]) Strabo II. p. 113 u. 132; Geminus c. 13; Agathemer II. c. 1; Vitruvius I 6, Macrob. Somn. Scipio I, 20; Mart. Cap. VI. p. 194 ed. Grot. Plin. h. n. II. c. 112. [23]) Nur Arrianus bei Joannes Philoponus stimmt mit Cleomedes überein (Arist. meteor. p. 79 a) desgleichen der unbekannte Verfasser der kleinen Schrift in Arati Phaenomena (Petav Uranol. p. 144.) [24]) I. II. c. 1. [25]) Doch aber auch in der Stelle des ausführlichen Berichtes I c. 10. p. 53 ed Balf.

quemere Zahl 700 St. für den Grad statt $694^4/_9$ zu erhalten. Diese Modification durfte er auch vornehmen, ohne gegen seine Theorie arg zu verstoßen, denn er konnte weder die eine Größe $^1/_{50}$ noch die andere 5000 für mathematisch genau halten. An der Genauigkeit der erstern Zahl $^1/_{50}$ mochte er in Rücksicht auf sein Instrument, dessen Unvollkommenheit Eratosthenes gewiß besser, als irgend Jemand, kannte, zweifeln. (Uns zeigt sich aber wieder der gewöhnliche Fehler in den Sonnenhöhen-Beobachtungen durch den Gnomon, nämlich nahezu 15′; denn die Breite von Alexandria ist nach Nouet[26]) 31° 12′ 20″ und die Ekliptikschiefe war damals 23° 45′ 20″. Daraus ergiebt sich die Länge des Meridianbogens zwischen dem Parallel von Alexandria und dem Wendekreise des Krebses, unter dem Eratosthenes die Stadt Syene sich dachte, = 7° 27′ d. i. um 15′ größer als 7° 12′.) Hätte er die 5000 St. für genau gehalten, so hätte sich ihm $^1/_{50}$ in $^1/_{504}$ = 7° 8′ 34″ durch Division in die einmal angenommene Größe 252000 verwandelt. Letronne sagt nun geradezu, letzterer Bruch sei der ursprüngliche gewesen und nur Cleomedes hätte sich den einfachern $^1/_{50}$ daraus gemacht. Diese Annahme ohne Belege ist aber zu kühn und auch nicht nöthig, da wir sichere Anhaltspunkte haben, daß Eratosthenes den Faktor 5000 nicht für genau halten und gewiß auch um dessen Willen eines Theiles sich obige Modifikation erlauben konnte. Er sagt ja selbst bei Strabo[27]) die Entfernung dieser beiden Städte betrage dem Laufe des Niles nach 5300 Stadien. In einer andern Stelle bei Strabo[28]) findet sich die Entfernung von Meroe und Alexandria also angegeben: *στάδιοι δ' εἰσὶν οὗτοι περὶ μυρίους κατὰ μέσον δὲ τὸ διάστημα τὴν Συήνην ἵδρυσθαι συμβαίνει.* Also ungefähr soviel; somit darf man schließen, daß für die Entfernung von Alexandria und Syene auch nur beiläufig eine halbe Myriade gerechnet wurde. Auch Cleomedes[29])

[26]) Ideler p. 180. [27]) lib. XVII. p. 786. [28]) lib. II. p. 114. [29]) lib. I. c. 10.

drückt sich in dem gleichen Sinne aus, da er von dieser Entfernung sagt: ὑποκείσθω ἡμῖν ...... πεντακισχιλίων σταδίων εἶναι. Ohnedieß ist dieses Wegmaß zwischen unsern beiden Orten nie das Resultat einer streng geodätischen Messung gewesen, was später ins Nähere erörtert werden soll.

Man kann auch noch eine dritte Ursache vermuthen, warum Eratosthenes auf die Zahl 252000 St. überzugehen sich erlaubt habe. Ja Snellius[30]) erklärt sich daraus alleinig das Zustandekommen dieser Zahl. Wenn man nämlich berücksichtigt, daß Eratosthenes nach dem Berichte von Ptolemaeus[31]) durch Beobachtungen an dem Tage der Sonnenwenden den zwischen den Wendekreisen liegenden Bogen des Colurs der Solstitien = $^{11}/_{83}$ des ganzen Colurs gefunden habe, woraus eine Ekliptikschiefe von 23° 51′ 20″ hervorgeht, und wenn man annimmt, daß die Breite von Alexandria zu 30° 58′ (od. 31°), wie sie Hipparch und Ptolemaeus[32]) angeben, sicherlich auch schon dem Eratosthenes bekannt gewesen, ja von ihm selbst zuerst so gefunden worden sei, so ergiebt sich daraus ein Breitenunterschied der beiden Orte von 7° 6′ 40″ (od. für 31° von 7° 8′ 40″). Diesen Breitenunterschied hätte nun Eratosthenes, meint Snellius, vorgezogen, mit dieser Größe in die 5000 dividirt und dadurch 252000 St. ganz nahe als Größe des ganzen Meridian erlangt. Wir jedoch, die wir nicht annehmen, daß sich Eratosthenes genau an die 5000 halten zu müssen geglaubt habe, pflichten dieser Berechnung nicht bei; wir geben aber zu, daß derselbe von seiner Erdmessung unabhängige Beobachtungen hinsichtlich der Breite von Alexandria etc. mittelst des Gnomon oder auch mittelst der Armillen, die auf seinen Betrieb König Ptolemaeus in Alexandria errichten ließ,[33]) gemacht, dadurch einen von $^1/_{50}$ etwas verschiedenen Werth für den Breitenunterschied von Alexandria und Syene gefunden und deßhalb sich auch erlaubt habe, zu den 250000 St. noch 2000

---

[30]) Eratosthenes Batavus p. 62. [31]) Almag. I; 10 p. 40 ed. Halma. [32]) Almag. V. 12 und 13. [33]) Ptol. Almag. I. c. 2.

hinzuzufügen, um eine runde Zahl von Stadien für den Grad zu erhalten [34]).

---

[34]) Letronne hält auch die Maß-Angabe von 252000 St. für die vom Alterthum beglaubigte und für die allein richtige. Er entwickelt aber im III. Abschnitte seiner Abhandlung eine ganz eigenthümliche Ansicht über ihr Zustandekommen. Es ist nach seiner Meinung schon lange vor Eratosthenes sowohl der Breitenunterschied von Alexandria u. Syene zu 7° 8′ 34″ als auch ein Stadium in Aegypten bekannt und im Gebrauche gewesen, von dem man wußte, daß 700 auf einen Meridiangrad gehen. Aus diesen beiden Größen seien die Zahlen 5000 u. 252000 entstanden und zwar schon vor Eratosthenes. Letzterer habe das von Cleomedes gemeldete Unternehmen einer Erdmessung nie ausgeführt, sondern nur den Zenithabstand der Sonne in Alexandria an dem Sommer-Solstitium gemessen, denselben zu 7° 6′ 40″ gefunden und mit Anwendung des obigen Stadium sich überzeugt, daß er dadurch der Zahl 5000 sehr nahe komme. Und so hätte er auch die vor ihm gefundene Größe des Meridian zu 252000 St. belassen. Letronne kam aber zu dieser Ansicht durch sein Mißtrauen gegen Cleomedes, das er im I. Abschnitte kund giebt. Nach ihm schrieb letzterer im 3. Jahrhundert der christlichen Zeitrechnung, nach andern (Bailly, Delambre u. m.) um ein oder zwei Jahrhunderte früher. Er nennt ihn einen in der Astronomie Unwissenden, da er berichtet, daß Eratosthenes bei seiner Beobachtung sich allein der Scaphe bedient habe, was doch auch Martianus Capella (VI. p. 194 und Vitruvius I. p. 9) thun. Er behauptet ferner, Cleomedes habe den größten Theil seiner Erzählungen entstellt oder Entstelltes in Unkenntniß aufgenommen. Den Eratosthenes führe er aus den Berichten Anderer an. Somit verwirft Letronne ganz das Zeugniß des Cleomedes. — Ist es nun überhaupt kühn, ein historisches Zeugniß in dem Maße zu destruiren, so ist es in diesem Falle noch kühner, da nicht bestritten werden kann, daß Cleomedes in obiger Erzählung eine ebenso einfache als richtige Theorie einer Erdmessung berichtet. Kann man auch dem Cleomedes manche Fehler nachweisen, so ist doch diese Eratosthenische Theorie, die vom erstern wahrscheinlich, wie auch Seidel (Fragm. Eratosth. p. 48) vermuthet, mit des Eratosthenes eigenen Worten angeführt wird, richtig und deßhalb hat sie auch alle Wahrscheinlichkeit, daß sie wirklich ausgeführt worden, für sich. Letronne aber mangeln die Belege für seine Theorie; sie besteht meist nur aus Vermuthungen seines Geistes. Ueber das Stadienmaß der Alten und auch über die Originalität der Messung wird noch Weiteres später gesagt werden, vorzüglich im Anhange.

Das Verfahren des Eratosthenes darf zuletzt auch nicht mit einem ähnlichen, von dem ebenfalls Cleomedes redet, verwechselt werden. Letzterer fügt nämlich, nachdem er des Eratosthenes Methode erzählt hat, noch hinzu: „Man stellt auch um das winterliche Solstitium Sonnenuhren (σκιόθηρα), wie Cleomedes die Scaphe zu nennen pflegt, in beiden Städten auf, und da beide Schatten werfen, so findet man, daß der in Alexandria größer ist, weil diese Stadt weiter von dem winterlichen Sonnenstillstandspunkte entfernt ist. Mißt man nun um wieviel größer der Schatten in Alexandria, als der in Syene ist, so findet sich, es sei der fünfzigste Theil des größten Kreises der Scaphe, und auf diese Art erhält man ebenfalls für den Umfang der Kugel 250000 Stadien." Wohl ist dieß eine richtige Methode, den Breitenunterschied zweier Orte zu finden, doch kann sich hierbei für den Abstand unserer zwei Orte nicht $^1/_{50}$ des Meridian ergeben haben; vielmehr muß durch dieses Verfahren — wenn keine andern Fehler vor sich gegangen sind — der genaue und richtige Unterschied jener Breiten, der bekanntlich $^1/_{50}$ nicht ist, zum Vorschein gekommen sein, indem sich in der Differenz der beiden Breiten, die gleichmäßig mit dem bekannten Fehler der gnomischen Beobachtungen behaftet waren, dieser Fehler heben mußte. Hier berichtet also Cleomedes sicherlich einen Irrthum in Bezug auf den Unterschied der Schattenlängen.

§. 5.

Würdigung der Eratosthenischen Messung.

Sehen wir zuerst, was die Alten von dieser Messung hielten. Plinius[35]) nennt dieses Unternehmen ein improbum ausum, setzt aber hinzu: rerum ita subtili argumentatione comprehensum, ut pudeat non credere. Hipparch schrieb ein Buch über diese Untersuchung, tadelte in Vielem den Eratosthenes, scheint aber auch nicht von Eifersucht gegen den letzteren frei gewesen zu sein. Dieß Buch, sowie die meisten Schriften

[35]) II. c. 112.

dieses Philosophen, ist aber nicht auf uns gekommen. Wir wissen dieses nur aus Plinius,[36]) der in derselben Stelle auch anführt, daß Hipparch zu den 252000 Stadien noch 25000 hinzugefügt habe, ohne den Grund hievon anzugeben. Doch scheint der Inhalt dieser Stelle nicht zuverläßig zu sein, da Strabo[37]), dem hierin gewiß mehr Zutrauen zu schenken ist, als dem Plinius, berichtet, Hipparch habe dem Eratosthenes beigestimmt, und in Uebereinstimmung mit seinem Auszugmacher[38]) in den Tafeln der Klimate, welche Hipparch berechnet hatte, immer den Grad zu 700 Stadien nimmt. — Alle andern Schriftsteller der Alten, welche über diese Messung Erwähnung thun, setzen keinen Zweifel in deren Richtigkeit, sprechen vielmehr mit aller Anerkennung davon. So sagt Macrobius[39]): „Evidentissimis et indubitatilibus dimensionibus constitit, universae terrae ambitum habere stadiorum millia ducenta quinquaginta duo." — Gewiß hat Eratosthenes die Bewunderung des Alterthums verdient, da er zuerst ein rationelles Verfahren, die Größe der Erde zu bestimmen, und zwar in einem so einfachen mathematischen Gedanken angegeben hat, und verdient deßhalb auch jetzt noch Anerkennung, obwohl sein Resultat, im Lichte der neuern Forschungen betrachtet, wegen mancherlei falscher Annahmen ziemlich werthlos erscheint.

Diese sind: Die beiden Faktoren, wodurch Eratosthenes die Zahl 250000 erhielt, sind fehlerhaft und haben deßhalb ein zu großes Resultat hervorgebracht, so daß durch Hinzufügung von 2000 St. das Maß sich noch weiter von der Wahrheit entfernt hat. Es ist nicht $^1/_{50}$ (= 7° 12′) der Breitenunterschied der beiden Orte, sondern (nach Nouet[40]) = 31° 12′ 20″ — 24° 5′ 23″ ca. 7° 7′ also um ca. 5′ kleiner, als ihn Eratosthenes annahm.

Dieser Fehler ward einerseits veranlaßt durch den gewöhnlichen Fehler von ca. 15′ der gnomischen Beobachtungen, anderer-

[36]) II. c. 112. [37]) II. p. 194. [38]) Geogr. min. T. II. p. 23. [39]) in somn. Scip. II. c. 20. [40]) Ideler p. 180.

seits dadurch, daß Eratosthenes Syene als unter dem Wendekreise liegend annahm und ihm eine Breite gleich der Schiefe der Ekliptik, die ihm = 23° 51′ war, zueignete.

Er wußte, daß in Syene im Sommer-Solstitium zu Mittag jeder Schatten verschwinde und ein tiefer Brunnen bis in den Grund erleuchtet sei. Aus diesem Grunde nahm Eratosthenes, wie das ganze Alterthum[41]) an, daß Syene unter dem Wendekreise liege. Hätte er aber näher untersucht, welche Lage Syene in jenem Kreise, wo die Sonne zu dieser Zeit keinen Schatten warf, von dem er doch nach dem Messungs-Berichte des Cleomedes wußte, so hätte er gefunden,[42]) daß nur der nördliche Rand der Sonne senkrecht über den Brunnen zu Syene stehen konnte. Er hätte in Folge dessen zu der Ekliptikschiefe etwas addiren müssen, um die Breite von Syene zu erhalten. So nahm er sie um 14′ zu gering an. Diese beiden Fehler compensirten sich größtentheils und so kam es, daß Eratosthenes im Breitenunterschiede von Alexandria und Syene sich nur um 5′ irrte.

Was den andern Faktor, 5000, betrifft, so nahm ihn Eratosthenes bedeutend zu hoch, insofern olympische Stadien gemeint sind, wie später näher dargethan werden wird.

Man weiß aber überhaupt nicht mit Sicherheit, wie dieses Wegmaß gefunden wurde; doch darf man in keinem Falle denken, daß es das Resultat einer geodätischen Messung sei, indem die Alten die Geodaesie der Neuern nicht im Entferntesten kannten; doch mag demselben eine etwas genauere Untersuchung unterliegen als vielen Angaben der Alten über terrestrische Entfernungen, die nur auf Schätzungen von Tagreisen beruhen. Martianus Capella[43]) sagt denn auch, Eratosthenes habe die Entfernung der Städte Alexandria und Meroe „per mensores regios Ptolemaei" erfahren. Solche Mensores werden öfter von den Alten

---

[41]) Strabo XVII. p. 817; Plin. h. n. II. 75. Arrianus Ind. c. 25; Eustathius in Dionys. v. 223. [42]) Dieß, weil nach Nouet die Breite von Syene = 24° 5′ 23″ ist. Ideler p. 180. [43]) lib. VI. p. 194.

erwähnt.[44]) Diese maßen auf den Heerstraßen, sicherlich durch ihre Schritte. Wie aber dann das Maß für die gerade Linie genommen wurde, und welche Reductionen besonders Eratosthenes angebracht habe, wissen wir nicht.

D'Anville versichert, durch ein genaues Studium des Terrains zwischen Syene und Alexandria der Straße nach 640 und in gerader Richtung 560 Röm. Meilen d. i. 4480 olympische Stadien gefunden zu haben. Nehmen wir die beiden Factoren so verbessert an d. i. zu 7° 7′ und zu 4480, so ergiebt sich der Meridiangrad zu ca. 630 Stadien. Doch damit wäre die Messung noch nicht vollständig verbessert, sie birgt nämlich noch einen bedeutenden Fehler aus einer dritten falschen Annahme in sich.

Diese war, daß Eratosthenes Alexandria und Syene unter ein und demselben Meridian setzte. Es hat aber der erstere Ort nach Nouet[45]) 27° 35′ 0″ der letztere 30° 34, 49″ östlichen Abstand von Paris. Syene liegt also um 2° 59′ 49″ östlicher. Sicherlich hat sich Eratosthenes bei dieser Annahme nach dem Nile gerichtet, dessen westliche und östliche Ausbeugungen zwischen diesen beiden Orten er von einander compensirt geglaubt haben mochte. Ueberhaupt aber fehlten den Alten zu sehr die Mittel, genaue Längenunterschiede zu finden. Doch setzte Ptolemaeus[46]) schon einen Längenunterschied zwischen diesen beiden Orten von 1½°. Will man nun den Bogen finden, auf den das Wegmaß zwischen Alexandria und Syene zu beziehen ist, der nun offenbar nicht mehr der Breitenunterschied der beiden Orte sein kann, so ist in jenem sphärischen Dreiecke, in welchem der Polabstand der Zenithe von Alexandria und Syene zwei Seiten bilden und der von diesen eingeschlossene Winkel gleich dem Längenunterschiede der beiden Orte ist, die dritte Seite zu bestimmen. Nimmt man hiezu die Angaben von Nouet d. i. den Polabstand von Alexandria zu 58° 47′ 40″, den von Syene zu 65° 54′ 40″ und den Längenunterschied zu 2° 59′ 49″

---

[44]) Polyb. III. c. 39; Strabo VII. c. 6; Athenaeus X. p. 442 ed. Casaub. [45]) Ideler p. 182. [46]) Ideler, ebendaselbst.

und setzt sie in die bekannte Formel der sphärischen Trigonometrie, so wird die dritte oder die zu bestimmende Seite (p) $\cos(p) = \cos(58^\circ\ 47'\ 40'') \cos(65^\circ\ 54'\ 40'') + \sin(58^\circ\ 47'\ 40'') \sin(65^\circ\ 54'\ 40'') \cos(2^\circ\ 59'\ 49'')$ und daraus $p = 7^\circ\ 36'$ (nahezu). Dieß also ist die Größe des Bogens des größten Kreises, der auf der Erdkugel die beiden Orte Alexandria und Syene verbindet. Somit liegt in dem Bogen, der dem Eratosthenes ihren Unterschied ausdrückte, ein Fehler, von ca. 24', der seinem Resultate einen um ca. 100 Stadien für den Grad zu großen Werth verlieh. — (Die Darstellung seines Messungs-Resultates durch die neuen Maße erfolgt später.)

§. 6

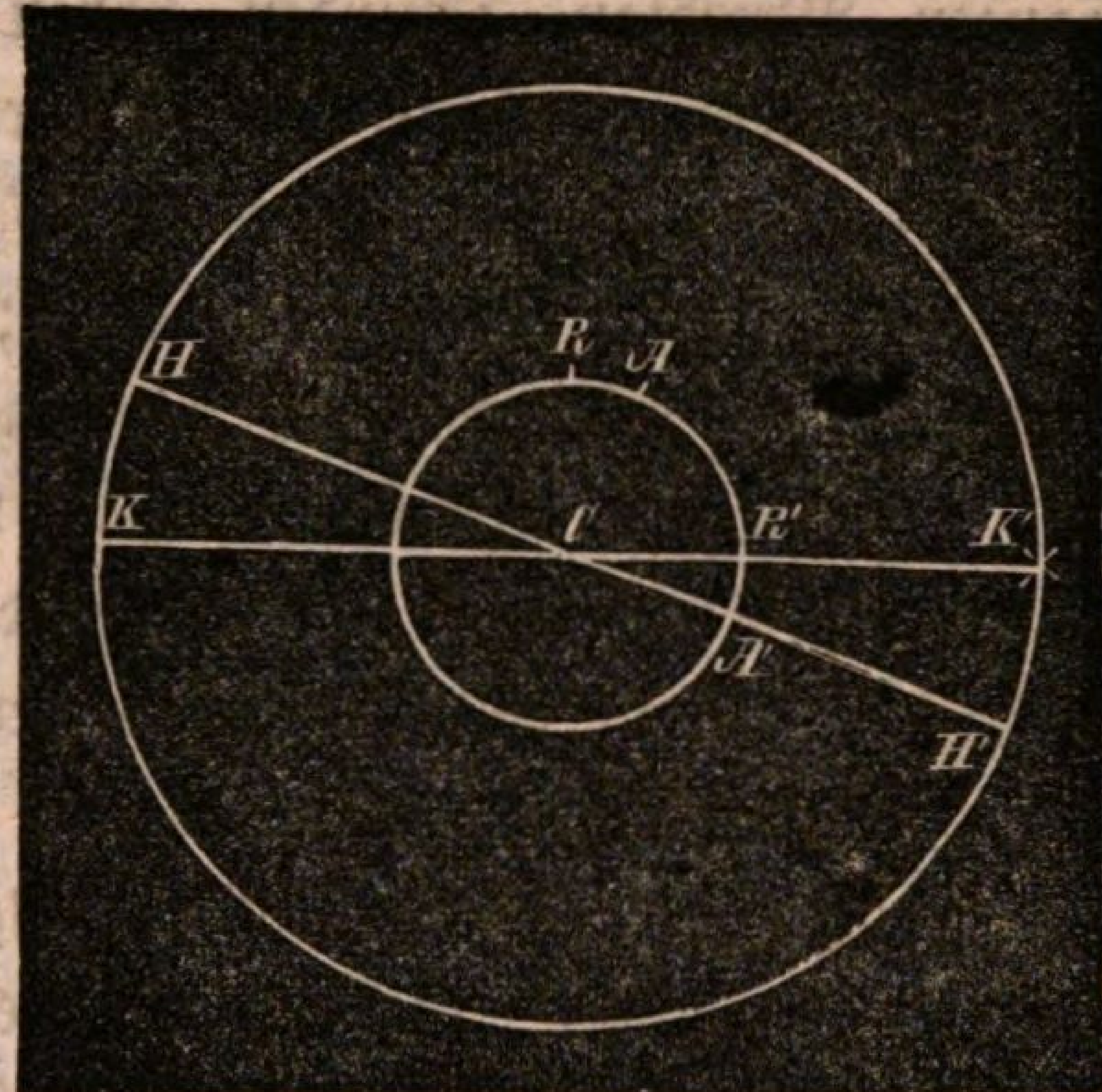
Angaben über die Größe der Erde von Posidonius.

Ungefähr 200 Jahre nach Eratosthenes treffen wir eine neue Bestimmung der Größe der Erde, die dem Posidonius zugeschrieben wird.

Posidonius, aus Apamea in Syrien stammend, war einer der größten Philosophen seiner Zeit und hielt sich häufig in Italien auf, wo er sich Cicero und Cn. Pompejus zu Freunden gemacht hatte. Es ist aber besser von ihm zu sagen, daß er eine neue Methode zu einer Größenbestimmung der Erde angegeben, als daß er nach den Anforderungen derselben eine genaue Operation vollzogen und so eine Erdmessung wirklich gemacht habe. Diese Methode, die wir wieder einzig aus Cleomedes [47]) kennen, ist aus der folgenden kurz zusammengefaßten Erzählung ersichtlich: Posidonius nahm an, Alexandria und Rhodus liegen unter ein und demselben Meridian. Alle Meridiane schloß er ferner, sind größte Kreise und schneiden das All in zwei große Hälften. Nun streife nach seiner Augenscheineinnahme der Stern Kanopus am Steuerruder des Argo, ein Stern erster Größe am südlichen Himmel, in Rhodus den Horizont, während er

[47]) Cycl. theor. I. c. 10.

sich in Alexandria um den 48. Theil des größten Kreises über denselben erhebe; damit schloß er, daß auch der Meridianbogen auf der Erde zwischen Rhodus und Alexandria den 48. Theil des ganzen Meridian d. i. 7° 30′ betrage. Da nun die terrestrische Entfernung dieser beiden Orte 5000 Stadien zu halten scheint (δόκει sagt Cleomedes) so kommen auf den ganzen Erdumfang 48.5000 = 240000 Stadien.



Die Construktion dieser Methode ist demnach folgende: Der größere Kreis (in nebenstehender Figur) stelle die Himmels-, der kleinere die Erdkugel vor mit dem gemeinschaftlichen Centrum C. Ferner seien R u. A die beiden Orte Rhod. u. Alexandria auf der Erde, KK′ u. HH′ ihre wahren Horizonte, ✕ der Stern Kanopus. Die beiden Bogen K′H′ und R′A′ sind ähnlich, weil concentrischen Kreisen angehörend und demnach jeder der gleiche Theil seines Kreises.

Die mathematische Schlußfolgerung ist richtig und kommt der Methode der neuern Gradmessungen näher als die des Eratosthenes. Allein die mit angeführte Anwendung derselben birgt so große Fehler in sich, daß man zweifeln muß, ob Posidonius sie wirklich gemacht oder nur, wie Letronne glaubt, die angeführten Höhen des Kanopus hypothetisch aufgestellt habe, um zu zeigen, wie daraus ein Schluß auf die Größe der Erde gemacht werden könne. Denn der Stern Kanopus hatte nach Ideler [48]) zu des Posidonius Zeit eine südliche Declination von 52° 25′; daher erreichte er in Alexandria (Breite = 31° 12′)

[48]) p. 184.

eine Höhe von 6° 23′ [90° — (52° 25′ + 31° 12′) = 6° 23′] oder mit Rücksicht auf die Strahlenbrechung, eine von 6° 31′; ferner ist die Breite von Rhodus nach Ideler = 36° 26′, weßwegen die Höhe des Kanopus daselbst 1° 9′ [90° — (52° 25′ + 36° 26′) = 1° 9′] und durch die Strahlenbrechung 1° 32′ betrug. Daher sollte Posidonius den Breitenunterschied der beiden Orte nahezu = 5° d. i. = $^1/_{72}$ des ganzen Meridian gefunden haben, während nach Abzug der Strahlenbrechung seine wahre Größe sich zu 5° 14′ herausstellt. — Desgleichen ist es falsch, daß die beiden Orte einen gemeinschaftlichen Meridian haben; vielmehr liegt Rhodus um mehr als 2° westlicher als Alexandria.

Die terrestrische Entfernung von Rhodus und Alexandria zu 5000 Stadien ist dann ohnedieß nur das Resultat einer Schifferrechnung, das der Natur der Sache gemäß noch unsicherer war als das Maß der mensores des Eratosthenes. Es wird uns dieß selbst geschichtlich bezeugt, indem Eratosthenes bei Strabo [49]) sagt: „Schiffer nehmen an, die gerade Fahrt von Rhodus nach Alexandria betrage 4000 Stadien, die Küstenfahrt das Doppelte; andere schätzen jene Ueberfahrt aber auch zu 5000 St.; er indessen habe durch den Gnomon 3750 St. gefunden [50]). — Soweit diese Angabe von 240000 St. für den ganzen Umfang der Erde, wonach der Grad 666$^2/_3$ St. hielt.

Es wird aber dem Posidonius noch eine andere zu 180000 St. zugeschrieben und zwar von Strabo [51]). Dieser erwähnt die erstere Angabe gar nicht, sondern erzählt, daß Posidonius dem Erdumfange 180000 Stadien gegeben habe. Die Art und Weise, wie diese Zahl entstanden, nennt er nicht; es ist aber auffallend, daß, wenn in dem obigen von Cleomedes berichteten Verfahren des Posidonius 3750 Stadien statt 5000 gesetzt wird, die Rechnung 180000 St. giebt. Dadurch wird es wahr=

[49]) lib. II. p. 125. [50]) Da muß Eratosthenes 5° 21′ Breitenunterschied gefunden haben, der, für den Grad 700 St. genommen, 3750 St. giebt. [51]) lib. II. p. 95.

scheinlich, daß Posidonius, wie das erste Mal nach den Schiffern, so das zweite Mal nach Eratosthenes die Größe der Distanze zwischen Rhodus und Alexandria genommen und sicherlich in zwei verschiedenen Schriften, wie Ideler[52]) meint, diese von einander abweichenden Angaben gemacht habe, was er leichter thun konnte, wenn er nur eine Hypothese darstellen wollte. Dann hätte Ideler zufolge Strabo des Posidonius Werk über den Ocean, Cleomedes dessen μετεωρολογική στοιχειωσις vor Augen gehabt.

Diese Ansicht ist früher schon ausgesprochen worden von Riccioli[53]), la Lande[54]), Gosselin[55]). Auch Letronne stimmt ihr bei, aber nur insofern, als er glaubt, daß es dem Posidonius um keine wirkliche Messung, sondern nur um die Darstellung einer Methode dazu zu thun war. Im Uebrigen glaubt Letronne mit vielen andern französischen Gelehrten vor ihm, daß auch diese beiden Maße der Erde, die dem Posidonius zugeschrieben werden, schon längst vor ihm bekannt gewesen seien.

Ideler aber begnügt sich nicht mit jener allgemeinen Erklärung der zweiten Bestimmung des Posidonius. Eine andere scheint ihm noch gewichtiger zu sein und zwar deßwegen, weil Ptolemaeus[56]) die Größe des Erdumfanges zu 180000 Stadien aus genauen Beobachtungen entstanden nennt, und den Grad zu 500 St., wie es daraus hervorgeht, nimmt. Diese neue Erklärung nun glaubt Ideler[57]) in einer Stelle des Simplicius Aristoteles de coelo[58]) gefunden zu haben, wo es heißt: „Die Astronomen suchten mit Hülfe der Dioptra (eines mit Dioptern versehenen Gradbogens) zwei Sterne, die genau um einen Grad der Himmelskugel von einander entfernt sind. Sie bestimmten den Abstand der beiden Oerter auf der Erde, durch deren Scheitelpunkte diese Sterne gehen und maßen denselben διὰ τῆς ὁδομετρίας (durch Operationen, wie sie die sogenannten mensores

---

[52]) p. 185. [53]) Geogr. ref. A. c. 8. [54]) Abreg. d'Astron. § 39.
[55]) Geogr. des Grecs analysée p. 54, 55. [56]) Geogr. VII. c. 5.
[57]) p. 186, [58]) p. 134, a.

verrichteten). Sie fanden nun, daß er 500 Stadien halte und schlossen hieraus, daß auf den größten Kreis der Erde achtzehn Myriaden Stadien gehen.“ Nach diesem Principe dürfte Posidonius oder ein anderer Geograph, wie Ideler meint, jenes Maß gefunden haben.

Fassen wir das Ganze, was die dem Posidonius zuerkannten Angaben über die Größe der Erde darbieten, zusammen, so enthält die erste Bestimmung derselben so falsche Prämissen, daß sie kaum den Namen einer Messung verdient. Sie ist auch schon im Alterthum unbekannt und ohne Beifall geblieben, indem sie außer Cleomedes nur noch der Verfasser eines Fragments de forma et magnitudine terrae[59]) erwähnt. Der zweiten fehlen sichere Nachrichten über die Methode, daher sie vielen Vermuthungen offen steht; sie genoß aber bei den Alten größeres Ansehen, als die erstere, obwohl auch ihr Resultat kaum weniger fehlerhaft ist.

Mit diesen Angaben schließen die Nachrichten des Alterthums über die Bestimmung der Größe der Erdkugel.

§. 7.

Das Stadium und sein Verhältniß zu den Erdmessungen.

Es erübrigt noch, den Werth des bei diesen Untersuchungen gebrauchten einheitlichen Maßes, des Stadiums, festzusetzen und mit den neuern Maßen zu vergleichen. Da begegnen wir aber den verschiedensten Ansichten, die darüber aufgestellt worden sind und keinen geringen wissenschaftlichen Kampf hervorgerufen haben. So einfach man nämlich aus dem Umstande, daß diese Maße der Erde ohne weitere Angabe über die Größe und das Verhältniß des Stadiums, in welchem sie ausgedrückt sind, uns berichtet sind, sich veranlaßt sehen möchte, das sogenannte olympische Stadium, das damals wenigstens sehr ausgedehnt — wenn nicht allgemein — in Griechenland im Gebrauche war, darunter

---

[59]) Anecdot. Graec. ed. Siebenkees p. 103, 104.

verstehen zu müssen, so maßlos sind die Ausbeugungen der Ansichten mancher Gelehrten hierüber, die lieber alle Zeiten und Völker des Alterthums um ihre Längenmaße fragen, um aus ihnen eine Combination zu einer neuen Erklärung jenes Stadiums zu machen, als daß sie dem Naheliegenden beipflichten.

Es thun dieß fast ausschließlich französische Gelehrte, welche am Ende des vorletzten Jahrhunderts diese Frage angeregt, und bis auf unsere Zeit fortgeführt haben. Nach ihnen, wiewohl sie selbst im Einzelnen nicht übereinstimmen, haben die Griechen im Allgemeinen mehrerlei Stadien, sowohl sonst, als besonders bei diesen Erdmessungen gebraucht. Es kann aber unmöglich den Schlüßen dieser Gelehrten getraut werden, da sie auf äußerst willkührlichen Annahmen beruhen.

Es mangelt ihnen an sachlichen Beweisen. Mögen daher ihre Ansichten und Combinationen ein noch so gelehrtes Aussehen haben, so werden sie doch nie allgemein Glauben finden.

Die deutschen Gelehrten anerkennen fast ausschließlich im griechischen Alterthume nur das olympische Stadium, und Uckert[60]) und Ideler haben in der gründlichsten Weise die Unstatthaftigkeit der entgegengesetzten Meinung besonders in Bezug auf die Erdmessungen dargethan[61]). —

Es ist das olympische Stadium, in welchem nach unserm Dafürhalten diese Messungsresultate ausgedrückt sind. Ursprünglich ist dieses Stadium die Rennbahn zu Olympia, eine Strecke von ca. 600 Fuß[62]) in der Länge; später aber, von ca. 880 vor Chr. an, machte es sich allmählig als Längenmaß und zwar als das allgemeinste in Griechenland geltend. Wir haben auch Andeutungen und Zeugnisse von Geographen der Alten, daß sie ebenfalls in den Erdmessungs-Resultaten dieses Stadium

---

[60]) Geograph. der Alten I. Bd. 2) Ueber die Art der Griechen und Römer, die Entfernungen zu bestimmen und über das Stadium. Weimar 1813. [61]) Darüber Mehreres im Anhange. [62]) Herod. II. p. 149. [63]) Strabo II. p. 95.

annahmen. So sagt Strabo [63]) von der Messung des Posidonius (180000 St.) daß sie die Erde am kleinsten mache.

Ferner rechnen Plinius, Vitruoius und Martianus Capella [64]) 8 dieser Stadien der Erdmessungen auf eine Röm. Meile, welches Verhältniß diesen beiden Wegmaßen innewohnt.

Wie steht nun das olympische Stadium zu den neuern Maßen im Verhältniß?

Dieses wird sich am leichtesten erkennen lassen vermittelst der Röm. Maße. In Griechenland ward das Stadium zu 600 Fuß genommen: die Römer nahmen es zu 625 Fuß. Es verhält sich aber der griech. Fuß zum röm. wie 25 zu 24 [65]).

Nun hat man Untersuchungen über den röm. Fuß an Monumenten der Baukunst angestellt. Dabei fand man, wie Uckert [66]) angiebt, an 28 untersuchten röm. Maßstäben für den Fuß als Mittelwerth 130,874 par. Linien, dann durch die Untersuchung von Baudenkmälern, 131,928 par. Linien, weßwegen Uckert, von diesen beiden Werthen das Mittel nehmend, dem röm. Fuße eine Größe von 131,402 und demnach dem griech. eine Größe von 136,877 par. Linien giebt. Andere Gelehrte haben einen von diesem etwas unterschiedenen Werth aufgestellt, so van Swinden für den röm. Fuß eine Größe von 133,717 par. Linien. Es läßt sich aber offenbar nie eine mathematische Gewißheit darüber erlangen. Behält man den Werth Uckerts bei, so ergiebt sich für das griech. Stadium eine Größe (in ganzen Zahlen) = 570 par. Fuß = 95 Toisen = $^1/_{42}$ geogr. Meilen. Wenden wir nun diese Verhältnisse auf die 5 besprochenen Maße der Erde an, so erhalten wir folgende Werthe in unsern Maßen für den Umfang der Erde:

---

[63]) Strabo II. p. 95. [64]) Plin. h. n. II. c. 112. Vitruv. I. 6; Mart. C. VI. p. 198. [65]) Plin. h. n. II. c. 21; Vitruv. I 6; Luc. Paet. de men. ed. pond. I. c. 3. [66]) Uckert. Geogr. II. Thl. p. 74. [67]) Monatl. Corr. v. Zach X. 522 u. ff.

I. aus der Ang. des	Atristotel.	zu 400000 St.	9302	geogr. Meil.
II. „ „ „	„ Archimed.	„ 300000 „	6976	„ „
III. „ „ „	„ Eratosthen.	„ 252000 „	5813	„ „
IV. „ „ „	„ Posidonius	„ 240000 „	5580	„ „
V. „ „ „	„ „	„ 180000 „	4185,6	„ „

Aus diesen Bestimmungen ergiebt sich dann der Grad des Meridian, in Toisen ausgedrückt und mit Bessels mittlerm Meridiangrad zu 57013 Toisen verglichen:

aus I.	zu 105556 T.	mit einem Fehler von	48543 T.
„ II.	„ 79166 „	„ „ „ „	22153 „
„ III.	„ 66500 „	„ „ „ „	9487 „
„ IV.	„ 63333 „	„ „ „ „	6320 „
„ V.	„ 47500 „	„ „ „ „	9513 „

Die Besselsche Angabe aber rückwärts reducirt, giebt für den Grad in runden Zahlen 600 und für den ganzen Umfang der Erde 216000 olymp. Stadien.

Aus diesen Vergleichungen wird ersichtlich, wie wenig das Alterthum der Aufgabe einer Erdmessung gewachsen war, wiewohl demselben seine Bestrebungen in dieser Sache und die Auffindung richtiger Theorien hiezu immer zur Ehre gereichen werden. —

II. Gradmessungen der mittleren Zeit.

§. 8.

Messung der Araber.

In dem mittleren Zeitalter treffen wir nur zwei Gradmessungen und unter diesen gehört die letztere schon dem Jahre 1525 an, die aber hier mehr wegen ihrer beschränktern Methode als ihrer Zeit nach aufgeführt sein soll.

Die erstere dieser beiden Messungen gehört den Arabern an. Als diese die muhamedanische Religion angenommen hatten,

wurden sie eroberungssüchtiger; sie drangen nach Aegypten vor und bemächtigten sich der Stadt Alexandria, um die Mitte des siebenten Jahrhunderts. Dieß hatte den größten Einfluß auf die Schule griechischer Gelehrsamkeit daselbst, die aber um diese Zeit bereits sehr ermattet war. Es wurde bald hernach auf Befehl des Kalifen Omar die herrliche Bibliothek verbrannt und die Schule fand ihr Ende (642 v. Chr.). Später aber fingen die Araber selbst an, die Wissenschaften zu pflegen; sie benutzten und bewahrten zunächst das Wissen der Griechen, beförderten aber auch dasselbe in manchen Stücken weiter, besonders in der Astronomie. „Ja es fing erst bei den Arabern, sagt Ideler[68]), die meßende Astronomie an, und erhielt die Trigonometrie ihre jetzige Gestalt." Dieß geschah vorzüglich unter dem Kalifen Almamon (813 — 833), der sowohl selbst ein Gelehrter war, als auch besonders Gelehrte um sich versammelte.

Unter den letzteren ragten Alcaresmi, Alfraganus und Albategni hervor; ihre Werke enthalten zuerst den Sinus — den aber sicherlich schon vorher die Indier aufgestellt haben — sowie Sinus-Tafeln und eine Gebrauchsanweisung dazu, während die Griechen vorher die Sehne statt des Sinus gebrauchten[69]).

Almamon nun ließ 827 eine Gradmessung durch seine Mathematiker ausführen. Von dieser Operation berichtet uns Abulfeda, ein arabischer Geograph und Geschichtsschreiber (ca. 1322). Die Messung wurde vorgenommen in der Wüste Singar (Senaar) am arabischen Meerbusen und geschah auf folgende Weise: Die Mathematiker theilten sich in zwei Gruppen; die eine maß von dem angenommenen Standpunkte aus nördlich, die andere südlich. Sie maßen mittelst Stäbe in einer so geraden Richtung als möglich, (d. h. in der Mittagslinie) und so lange, bis die eine Parthei den Nordpol um 1° höher, die andere um 1° niedrieger gefunden hatte. Bis dahin hatte die erstere 56 Meilen, die letztere 56 $^2/_3$ Meilen gemessen. Nach-

[68]) Ideler . . . . p. 186. [69]) Fortschritte der Geogr. und Naturgesch. Jahrbuch von Froriep II. Bnd. p. 171.

dem sie die Messung wiederholt und dieselben Resultate gefunden hatten, entschieden sie sich für den letzteren Werth und setzten also 56 $^{2}/_{3}$ Meilen für den Grad des Meridian fest. Bei dieser Untersuchung war demnach der geodätische Theil besser bestellt, wie bei den Messungen der Griechen; wodurch die astronomischen Beobachtungen gemacht wurden, ist nirgends angegeben. Der gefundene Werth läßt sich aber nicht mehr scharf in unsere Maße bringen. Nach Alfraganus [70]) hält die arabische Meile 4000 Kubitus, sogenannte schwarze; jeder dieser Kubitus 25 Zoll (Fingerbreiten) und jeder Zoll die Breite von 6 mit den Bäuchen an einander gelegten Gerstenkörnern. Wie groß ist aber nun dieser Kubitus? Oder, was ist die Größe des Zolles, die nach Gerstenkörnern bestimmt werden soll? Man kann somit nur Muthmaßungen über dieses Maß aufstellen, woher es kommt, daß die Berechnungen dieses Messungs-Resultates nach unsern Maßen von Seiten mehrerer Gelehrten ziemlich weit differiren. So nimmt Bailly [71]) den schwarzen Kubitus von 27 Zoll im Verhältniß zum großen Kubitus von 32 Zoll, den er bekanntlich zu 20,544 franz. Zoll, wodurch er den von den Arabern gemessenen Grad zu 54563 Toisen findet. Thevenot [72]) berechnet diesen Kubitus so, daß 4 derselben 1 Toise 9 Zoll geben, mit welchem Werthe er für diesen Grad 63750 Toisen erhält. Andere geben andere Reduktionen an.

Am sichersten scheint aber doch noch die Reduktion des Snellius als die der Wahrheit am nächsten kommende angenommen werden zu dürfen. Dieser [73]) legte nämlich oftmals Gerstenkörner an einander und fand, daß im Mittel der rheinländische Fuß 89 derselben enthalte. Dadurch erhält man für die arabische Meile 6472 rheinländische Fuß. Nimmt man letztern

---

[70]) Alfraganus c. 10. [71]) Gesch. der neuern Astron. Uebersetzung II. Bnd. p. 52. [72]) Gehlers phys. Wörterbuch III. Bnd. p. 846. [73]) Eratosthenes. Batav. p. 110.

= 0,16103 Toisen, so ergeben sich für den Grad von $56^2/_3$ Meilen 59057 Toisen. Dieser Werth ist wohl um ungefähr 2000 Toisen zu groß, aber doch um Bedeutendes richtiger als die griechischen Messungen, welchen Fortschritt eben der von den Arabern angewandten geodätischen Operation zuzuschreiben ist.

§. 9.
Messung durch Fernel.

Im Abendlande ward die Untersuchung der Größe der Erde erst im 16. Jahrhundert aufgenommen, nachdem sich die fast verloren gegangene Ansicht, daß die Erde eine Kugelgestalt habe, wieder geltend zu machen angefangen hatte. Da kam man auch wieder auf den Gedanken einer Gradmessung. Den ersten Versuch dieser Art machte der berühmte Arzt und Mathematiker Fernel in Paris im Jahre 1525 und verfuhr dabei so, wie er selbst in seiner Cosmotheoria angiebt, aus der Snellius [74]) das Verfahren nacherzählt: Nachdem er die Polhöhe von Paris zu 48° 38′ bestimmt hatte, entnahm er aus der Deklinationstabelle die Culminationshöhe der Sonne an dem Orte, der um 1° nördlicher von Paris liege, für den 25., 26. August und die darauf folgenden Tage, an welchen er die Untersuchung machen wollte. Hierauf reiste er von Paris gegen Amiens und fand am 29. August an einem bestimmten Punkte, den er nicht nennt, wirklich die Meridalhöhe der Sonne so, wie er sie für die Breite von 48° 38′ aus den Tabellen verzeichnet hatte. Daraus schloß er, daß er jetzt um 1° von Paris sich entfernt habe und zwar im Meridian desselben, in welchem er sich vorwärts zu schreiten bemüht hatte. Als Instrumente zu diesen astronomischen Beobachtungen gebrauchte er einen Quadranten, regulae genannt, an dem der Bogen weggelassen und die Gradeintheilung auf der Sehne eingetragen war, womit er die Sonnenhöhe maß, dann ein Horarium zur Bestimmung des

---

[74]) Eratosthenes. Batav. p. 113, 114.

Mittags und der Tagesstunden. Daß diese, besonders ersteres, nicht genau sein konnten, bezeugt, daß Fernel die Polhöhe von Paris um 12′ zu gering [sie ist = 48° 50′ 14″] mittelst derselben gefunden hatte. Die terrestrische Entfernung zwischen Paris und jenem Punkte wollte er nun, weil ihm dafür die Volksschätzung zu 25 Lieues nicht genügte, mit einem Wagen in möglichst gerader Linie durchfahren und dabei die Umdrehungen des Rades zählen. Dieß that er auch und behielt, nachdem er von der erlangten Anzahl der Radumdrehungen etwas für die Höhen und Thäler der zurückgelegten Strecke abgezogen hatte, noch 17024 Rotationen seines 20 Fuß im Umfange betragenden Rades für die gerade Entfernung bei. Daraus ergab sich ihm die Länge des Grades zu 340480 Fuß = 56747 Toisen. Fernel selbst aber reducirt diese Anzahl Fuß, indem er den pariser Fuß dem römischen irrthümlich gleich setzt[75]) und somit 5 Fuß auf 1 Schritt rechnet, auf 68096 Schritte oder 68 italienische Meilen und 96 Schritte. Es giebt aber auch noch eine dritte Variation dieses Resultates, die gewöhnlich, wo von dieser Messung Erwähnung geschieht, zu finden ist, nämlich 57070 Toisen für den Grad. Dieser Werth wird nahezu erhalten, wenn nicht nach den Rotationen des Rades gerechnet, sondern die Entfernung der beiden Endpunkte von Fernels gemessenem Bogen zu 25 Lieues, welches Maß er verworfen hatte, genommen wird. Genau aber geben 25 Lieues — die Lieue zu 4444,4 mètre gerechnet — 57007 Toisen; daraus erhellt, daß die 57070 Toisen sicherlich durch eine andere Reduktionszahl für die Lieue entstanden sind. Was damals nur Schätzung war — 25 Lieues für den Grad — ist aber nachher aus den schärfsten Berechnungen der wichtigsten späteren Gradmessungen bis auf wenige Toisen genau als Resultat hervorgegangen. Gewiß aber ist es einem günstigen Zufall zuzuschreiben, daß die Messung Fenels trotz ihrer so großen

[75]) Eratosthenes. Batav. p. 115 u. 211.

Ungenauigkeiten, ein der Wahrheit so nahekommendes Resultat mag man nun die 25 Lieues oder das Ergebniß aus den Rotationen als dasselbe ansehen, ergeben hat.

III. Gradmessungen der neuern Zeit.

§. 10.

Erste eigentliche Gradmessung von Snellius.

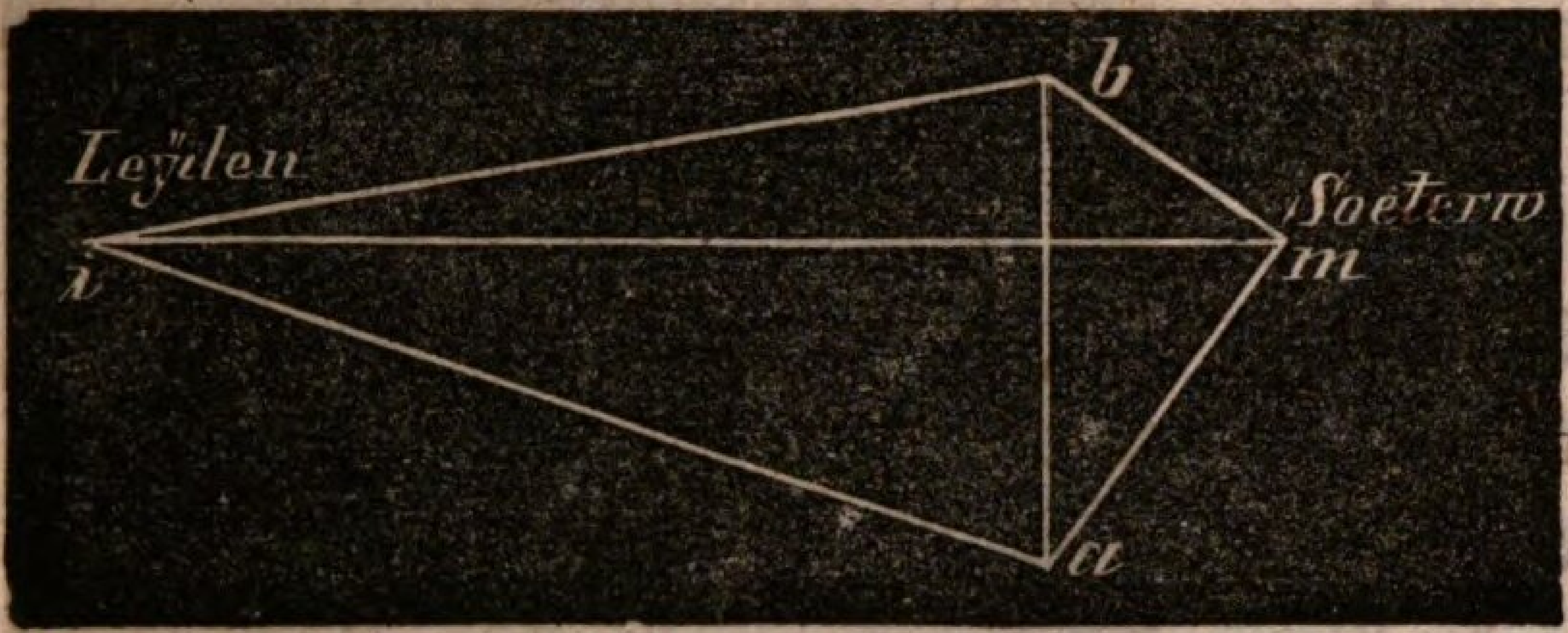
Mit Willebrord Snellius, einem niederländischen Geometer beginnt 1615 eine neue Epoche der Erdmessungen; ja es fangen die eigentlichen Gradmessungen mit ihm erst an, da er zuerst ein Verfahren dabei anwandte, das den Namen einer mathematischen Messung verdient, ein Verfahren, das von nun an bei allen Messungen, ein Paar minder wichtige etwa ausgenommen, beibehalten wurde und mit dem Fortschritte der dazu nothwendigen Instrumente immer genauere Resultate gab. Es soll daher dasselbe hier genauer dargestellt werden, wodurch dann zugleich alle spätern Operationen dieser Art beleuchtet sind.

Die von Snellius erfundene Methode besteht darin, daß die terrestrische Länge des Bogens durch die Verbindung mehrerer Dreiecke, von denen je zwei benachbarte eine gemeinschaftliche Seite haben, gefunden wird, weßwegen sie Triangulirungsmethode genannt wird. Dabei wird auch die Schwierigkeit umgangen, die man sich bisher dadurch gemacht hatte, daß man den Bogen genau im Meridian des Ausgangspunktes messen wollte, auf deren Unnöthigkeit aber schon Ptolemaeus [76]) aufmerksam gemacht hatte. Sehen wir nun das Einzelne dieses Verfahrens in der Messung des Snellius selbst, die er in seinem allgemein geschätzten Werke „Eratosthenes Batavus" beschreibt.

Seine Messung erstreckte sich über den Bogen zwischen Alcmaar und Bergen op Zoom in den Niederlanden. Dazu

[76]) Ptolemaeus Almag. VII. 5.

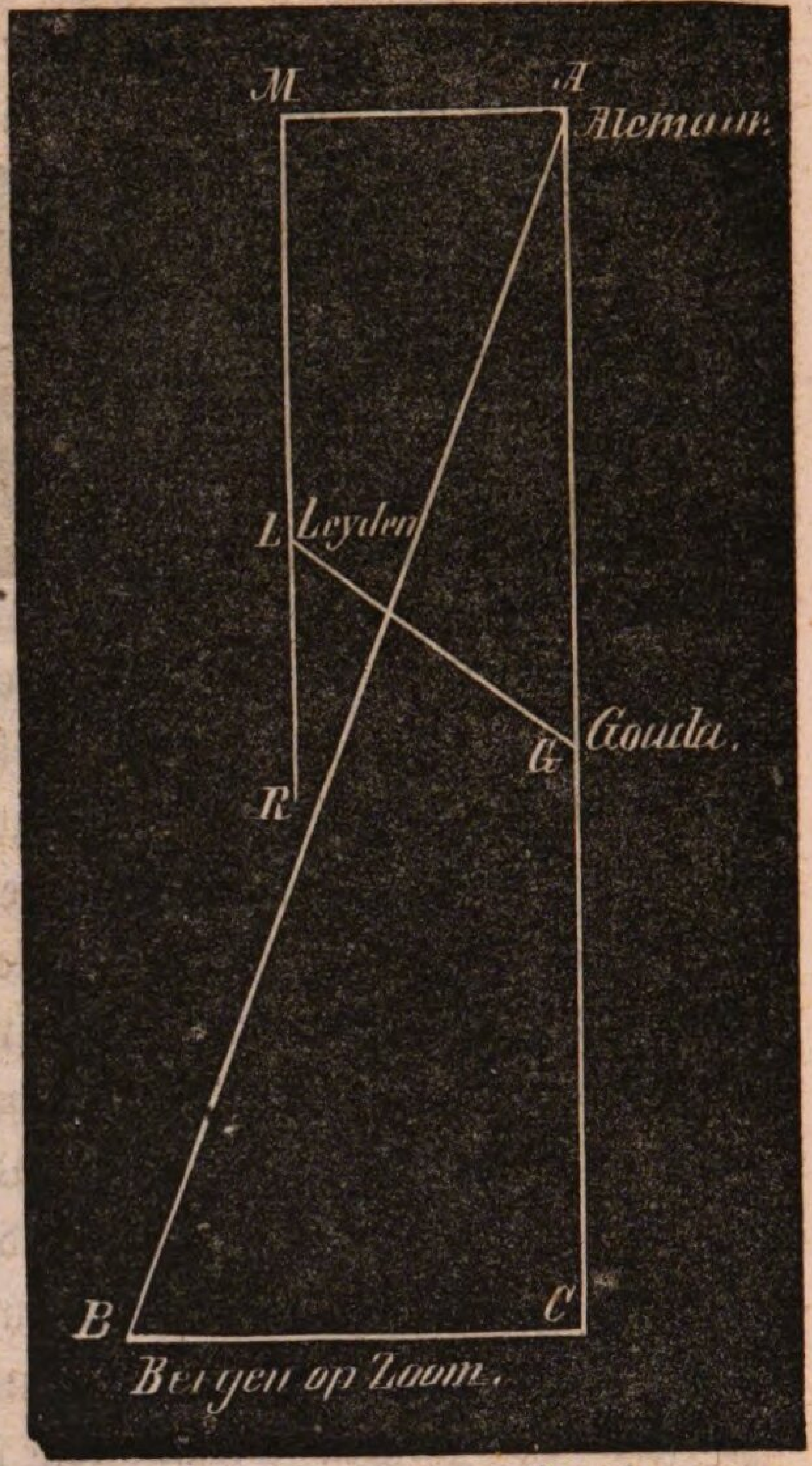
maß sich Snellius zuerst, und zwar mit der Meßkette, eine Standlinie, die auf der Verbindungslinie zwischen Leyden und Soe-



terwuda senkrecht stand, ab (in der nebenstehenden Figur) zu 326,4 rheinl. Ruthen. Auf diese Standlinie construirte er die ersten zwei Dreiecke, die ihre Spitzen in Leyden und Soeterwuda hatten. In diesen maß er die Winkel an der Standlinie, worauf er durch trigonometrische Berechnung die übrigen Dreiecksseiten, sowie auch aus dem Dreiecke ibm die Gerade im d. i. die gerade Entfernung dieser beiden Orte fand. Diese letztere Gerade diente ihm dann für die nächsten Dreiecke nach andern Punkten hin, als Standlinie. Und so ging es fort: er maß in allen angenommenen Stationspunkten die horizontalen Winkel zu andern benachbarten Punkten und fand trigonometrisch die Dreiecksseiten. Im Ganzen reihte er 33 Dreiecke an einander, zu deren Eckpunkten er sich die Thürme von Kirchen ꝛc. ausersehen hatte. Er that dieß Alles mit der größten Genauigkeit und Sorgfalt.

Freilich hatte er zum Winkelmessen nur einen Halbkreis von 3½ Fuß Durchmesser, der noch mit keinem Perspectiv versehen war, an der Hand. Anderseits findet sich aber auch bei ihm schon eine Vorsicht gegen mögliche Messungs- und Rechnungsfehler, wie man sie in den neuern Gradmessungen zu finden gewohnt ist: er prüfte nämlich manche aus seinem Dreiecksnetze erlangte Resultate dadurch, daß er sie auch aus separaten Dreiecken herleitete. Dabei hatte er immer die Freude, die größte Uebereinstimmung in den beiderseits erlangten Werthen zu sehen.

Den Schluß seiner geodätischen Operation machte Snellius auf folgende Weise: Es sei MR (in der auf umstehender Seite befindlichen Figur) die Mittagslinie von Leyden, die er genau bestimmt hatte; M liege nördlicher, R südlicher. Durch die



Auflösung des 33. Dreiecks hatte er die gerade Linie AB zwischen Alcmaar u. Bergen op Zoom zu 34710,6 rheinländ. Ruthen gefunden. Nun dachte er sich von A aus die Mittagslinie AC von Alcmaar parallel zu MR gezogen, sowie die Perpendikel AM und BC zwischen beiden Parallelen errichtet, so daß er an der AC den Breitenunterschied und an der BC den Längenunterschied der beiden genannten Orte hatte. Um aber den Werth der erstern Geraden, um den es ihm eigentlich zu thun war, bestimmen zu können, mußte er noch einen besondern Winkel, nämlich ∧ GLR, d. i. das Azimuth von Gouda gegen den Leydner-Meridian, den er den Positionswinkel nannte, messen. Mit Hülfe dieses Winkels und noch einiger andern aus seinem Dreiecksnetze konnte er erst das Azimuth seiner gemessenen Linie AB zum Alcmaar-Meridian, nämlich den ∧ BAC — durch welchen Winkel allein die schwierige Messung im Meridian früher hätte umgangen werden können — berechnen, worauf es ihm möglich ward, das Dreieck ABC aufzulösen und die Größe von AC zu bestimmen. Er fand sie = 33930 rheinl. Ruthen.

Die astronomische Observation des Snellius bestand sodann darin, daß er die Polhöhen von Alcmaar und Bergen op Zoom beobachtete und in ihrer Differenz den Breitenunterschied der

beiden Orte oder die Amplitude des gemessenen Bogens erkannte, was auch richtig wäre, wenn die Erde eine vollkommene Kugelgestalt hätte. Dazu gebrauchte er einen Quadranten von 5½ Fuß Durchmesser, aber ebenfalls ohne Perspectiv.

Wir werden sehen, daß die Amplitude des Bogens später auch auf einem andern Wege gefunden wurde.

Die Polhöhe von **Alcmaar** fand **Snellius** zu 52° 40′ 5″, die von **Bergen** zu 51° 29′, woraus sich ihm ein Breitenunterschied von 1° 11′ 5″ ergab. Alsdann erhielt er einfach aus $\frac{60}{71.5}$. 33930 für den Grad 28473 rheinl. Ruth. Da er aber aus dem Bogen zwischen **Leyden** und **Alcmaar** bei gleichem Verfahren 28510 rheinl. Ruthen für den Grad gefunden hatte, so setzte er den Grad zu 28500 rheinl. Ruth. als sein Resultat fest. Diese sind, die 12füßige rheinl. Ruth. zu 1,93236 Toisen genommen, = 55074 Toisen.

Es ist aber eines noch an dem geodätischen Theile dieser Operation, das Bedenken erregen und die Richtigkeit derselben zweifelhaft machen könnte. Dieß ist der Umstand, daß die Triangulirung eigentlich eine sphärische und nicht eine ebene sein soll, da die Messung auf einer gekrümmten Oberfläche stattfindet. Die horizontalen Winkel können nur durch sphärische bestimmt werden und die Berechnungen müßen durch sphärische Trigonometrie geschehen, damit die Entfernung zweier Punkte auf der Erde nicht durch eine Gerade, sondern durch die wirkliche Länge des dazwischen liegenden Bogens ausgedrückt wird, könnte man einwenden. Allein, wenn auch dieß bei der Messung des **Snellius** nicht geschehen, so ist doch dadurch kein besonderer Fehler entstanden. Es dürfen nämlich sphärische Dreiecke von so geringer Wölbung, wo die Seiten kleiner als 1° sind, ohne merklichen Fehler wie geradlinige behandelt werden. Der sphärische Exceß ist ja bei Dreiecken, wie sie **Snellius** gebrauchte, verschwindend klein, da derselbe bei einem sphärischen Dreiecke, wo jede Seite 1° ist, erst 27 Sekunden beträgt[76].

[76]) Abr. Gotth. Käſtner mathem. Geogr. p. 27.

Somit konnte dieser Betrag nahezu höchstens bei den zwei letzten Dreiecken von Snellius stattfinden. Kästner berechnet in seiner mathematischen Geographie [77]) den Unterschied der Sehne AC, die Snellius eigentlich durch sein Verfahren bestimmt hatte, von dem Bogen zwischen den Punkten A und C und findet, daß letzterer nur um ca. $1/_2$ rheinl. Ruthe größer sei als erstere.

Was nun in dieser Hinsicht bei den neuern Messungen, die größere Dreiecke enthielten, geschah, ist erstens, daß auf die Erhöhung über der Meeresfläche bei den Eckpunkten der Dreiecke gehörig Rücksicht genommen, und die Dreiecke selbst, welche immer gegen einander geneigt sind, auf eine Horizontalebene reducirt wurden, was eben Snellius unterlassen hatte. Genauer noch und den allerneuesten Gradmessungen eigen — sowie für die Zukunft um so empfehlenswerther, als die Gestalt der Erde jetzt durch ein genau bestimmtes Rotations-Ellipsoid ausgedrückt ist — ist das Verfahren, alle Dreieckspunkte auf die Oberfläche dieses von der mathematischen Gestalt der Erde nur wenig verschiedenen Rotations Ellipsoids zu projiciren, die Projectionen durch kürzeste Linien auf dieser Oberfläche zu verbinden und nun das hierdurch gebildete Dreiecksnetz statt des andern zu bestimmen [78]). Sodann wurde der Ueberschuß über 2 Rechte, der sich in der Summe der Winkel eines solchen Horizontaldreiecks ergab, zu gleichen Theilen von den 3 Winkeln abgezogen und die Berechnung des Dreieckes durch ebene Trigonometrie vorgenommen, was dem bekannten Satze von Legendre zufolge richtig ist.

Damit ist das Verfahren der Gradmessungen der neuern Zeit bis auf einige schärfere Observationen, die im Verlaufe der Darstellung der folgenden Messungen sammt dem Fortschritte in den Instrumenten angegeben werden sollen, allgemein gekennzeichnet.

---

[77]) Ebendaselbst. [78]) Fischer Lehrbuch der höhern Geodäsie II. Abschnitt p. 3.

Was nun die Genauigkeit der Messung von Snellius betrifft, so verdient einerseits seine Mühe und Sorge die allgemeine Bewunderung; zumal wenn man die Mangelhaftigkeit seiner Instrumente berücksichtigt, und noch mehr, wenn man bedenkt, daß zu seiner Zeit die logarithmische Berechnungsart noch nicht bekannt war. Anderseits dürften aber deßwegen schon manche Zweifel über die Genauigkeit des Resultates auftauchen, das in der That fast um 2000 Toisen von den genauern Bestimmungen der neuesten Zeit abweicht. Es gewahrte aber schon Snellius später, obwohl er in seinem Eratosthenes Batavus noch alle Genauigkeit seiner Messung zueignet, Fehler in seinen Operationen. Er veranstaltete daher im Jahre 1622 eine neue Messung auf derselben Landesstrecke, zu der er sich auf glatter Eisfläche, die damals durch Ueberschwemmung und darauf gefolgten Frost bei Leyden entstanden war, eine neue Standlinie maß. Er wiederholte dann die frühern Winkelmessungen und merkte in seinem Verzeichnisse hierüber an, daß dieser Messung allein zu trauen sei. Die Rechnung aber nahm er nicht wieder auf, da diese seinem Alter zu viel Anstrengung bot. Dieses erzählt von Musschenbroek im Anfange seiner dissert. de magnitudine terrae [78]). Musschenbroek war es denn auch, der die Berechnung für die neuere Messung des Snellius, etwa 100 Jahre nach diesem, vornahm und in obigem Werke bekannt machte. Zuvor hatte er aber zur größern Sicherheit die Dreieckswinkel nochmal gemessen, wobei er einige Fehler von wenigen Minuten zu verbessern hatte. Darauf fand er die Gerade AC oder den Abstand der Parallelen von Alcmaar und Bergen op Zoom = 34326,7 rheinl. Ruthen. Die Polhöhe dieser beiden Orte nahm er nach den Beobachtungen des Cassini, die erstere zu 52° 38′ 34″, die letztere zu 51° 28′ 47″, daher ihren Unterschied zu 1° 9′ 47″. Daraus erhielt er für den Grad 29514,23 rheinl. Ruthen, welche 57033 Toisen gleich sind.

[78]) Physicae experimentales et geometricae dissertationes .... Leyd. 1729.

§. 11.
Einige, weniger bedeutende Gradmessungen des 17. Jahrhunderts.

Einer Nachricht des Pierre Picard[80]) zufolge hat bald nach Snellius ein anderer Niederländer, Namens Wilhelm Bleau — Caesius genannt — eine neue Gradmessung angestellt. Bleau war ein Schüler und Freund Tycho's und ist sonst wegen seiner vortrefflichen Land- und Seekarten bekannt. Auf seiner Gradmessung liegt aber ein tiefes Dunkel. Denn ist schon in jener Nachricht von Picard, der einzigen hierüber, nichts Näheres über das Verfahren, den Ort und die Zeit der Messung enthalten, als daß das Resultat derselben von dem der Picard'schen Messung (1669) um keine 60 rheinl. Fuß differirt habe, so muß auch das noch gänzlich bezweifelt werden, daß Picard, wie er erzählt, den Bleau auf seiner Reise nach Uranienburg (1671) selbst gesehen und sich mit ihm über ihre beiderseitigen Messungen besprochen habe. Es kann nämlich Bleau um jene Zeit nicht mehr gelebt haben, da Tycho, dessen Freund er doch gewesen ist, schon im Jahre 1601 im 55. Jahre seines Lebens gestorben ist; und Vossius versichert in seiner Schrift[81]) de matheseos natura et constitutione geradezu, daß Bleau im Jahre 1638 gestorben ist. Somit kann Picard nur dessen Sohn, den Johann Bleau gesprochen haben, von dem auch Vossius angiebt, daß derselbe die Manuscripte seines Vaters über dessen Landes-Messungen zwischen dem Maas- und Texel-Ufer herausgeben wolle. Vielleicht verband Bleau mit der letztgenannten Operation auch die Aufgabe einer Gradmessung, da er nach Vossius auch die Polhöhen an den beiden Ufern mittelst eines zwölfgradigen Bogens auf's Genaueste beobachtet hatte. Diese Manuscripte sind aber nie erschienen, da außerdem das Haus des Bleau in Amsterdam im Jahre 1672 mit Allem, was es enthielt,

---

[80]) Lulof: Ouvrages adopt. T. IV. p. 64. [81]) p. 263.

ein Raub der Flammen geworden war[82]). — Vielleicht hat aber Picard diese Nachricht zu Gunsten seiner Messung nur erfunden.

Eine andere Messung ist die des Engländers Norwood (1633 — 1635). Er maß den Bogen zwischen London und York in sehr mühsamer Weise mit der Meßkette. Den Breitenunterschied der beiden Orte fand er mit Hülfe eines Sextanten von 5 Fuß Halbmesser zu 2° 28′. Er reducirte dann die gemessene Strecke, um der Krümmungen und Unebenheiten des Weges willen und bestimmte hiernach den Breitengrad zu 57424, nach andern zu 57300 Toisen, welches Resultat für sein Verfahren genau genug ist.

Sehr unrichtig waren dagegen die Resultate, welche Riccioli und Grimaldi bei ihren Bemühungen, die Größe der Erde zu finden, erhielten[83]). Ersterer hatte schon im Voraus die Idee, die Länge des Meridiangrades müsse 81000 röm. Schritte betragen. Er nahm daher bei seinem ohnehin sehr verwickelten und bedeutungslosen Verfahren zuletzt noch solche Reduktionen vor, daß er den Grad zu 62650 Toisen in Italien, wo er mit Grimaldi gemessen hatte, erhielt, welche Länge ungefähr um 1000 Toisen größer ist als 81000 röm. Schritte.

§. 12.

Die erste französische Gradmessung.

Diese nach dem neuen Verfahren des Snellius in Frankreich ausgeführte Messung, die mehrere Perioden umfaßt, gehört noch großentheils dem siebzehnten Jahrhundert an. Sie ward von der im Jahre 1666 gegründeten Pariser Akadamie veranlaßt, die sich im Laufe der nächsten Jahrhunderte durch anhaltende und großartige Unternehmungen um die Lösung des Problems, welches den Gradmessungen zu Grunde liegt, große Verdienste erwarb. Sie beauftragte damals den ausgezeichneten

---

82) E. Schmidt Lehrbuch I. Thl. p. 171. 83) Gehlers phys. Wörterbuch III. Bnd. p. 848.

Geometer Pierre Picard mit einer neuen Messung des Bogens zwischen Paris und Amiens, welcher diese von 1669 bis 1670 ausführte.

Mittlerweile war aber (1608) das Fernrohr erfunden worden, welches Ereigniß die Astronomie zu einer neuen Epoche führte und ihr eine neue Welt aufschloß. So konnte denn Picard bei seinem Unternehmen sich bereits eines solchen bedienen, das auch schon mit Kreuzfäden versehen war.

Aus derselben Zeit ungefähr stammen auch die Logarithmen, die so recht für die Trigonometrie erfunden wurden. Es lagen vor Picard bereits mehrere Logarithmen-Tabellen auf, wie in Frankreich die von Henrion etc.

Daher hatte Picard sowohl in der Messung als in der Berechnung eine viel leichtere Arbeit als Snellius. Es hat aber auch seit Picard die Triangulation bei den Gradmessungen ein ganz anderes Aussehen erhalten. Bei Snellius durchzogen sich die Dreiecke vielfach; jetzt aber dehnen sie sich wie an einer Kette, ohne in einander geschoben zu sein, zwischen den beiden Endpunkten der Messung aus und sind verhältnißmäßig viel weniger wie bei Snellius. Letzterer maß nicht alle Winkel und konnte es auch in seinem Netze nicht, sondern fand mehrere durch Berechnung; seit Picard ist dieses Hinderniß, da das Netz anders gewählt ist, beseitigt, und man zieht es auch vor, alle Winkel der Dreiecke zu messen, indem man dadurch eine Controlle für die Richtigkeit der Messung erlangt. Nach dieser Winkelmessung werden nun auch alle Winkel, welche die Dreiecksseiten mit dem Meridian bilden, bestimmt, alsdann der zu messende Bogen durch Berechnung stückweise aus den einzelnen Dreiecken gefunden, während Snellius seine Bogenlänge AB (zwischen Alcmaar und Bergen) aus einem Dreiecke allein in ganzer Länge bestimmt hatte, wobei ersteres Verfahren offenbar mehr Genauigkeit in sich schließt.

Picard nun maß einen Bogen von 1° 22′ 58″, nämlich von Malvoisine (unweit Paris) bis Amiens d. i. von 48° 31′ 48″

— 49° 54′ 46″ n. Br. nach seinen astronomischen Bestimmungen. Er fand die Länge des Grades = 57060 Toisen[84]).

Zu diesem genauen Resultate trug aber auch bei eine glückliche Compensation mehrerer begangener Fehler, wie Lacaille später (1740) nachwies. Dieser zeigte, daß Picard für's Erste eine falsche Toise bei der Messung der Basis gebraucht habe, die sich zur wahren, d. i. zu der von Peru, wie 999: 1000 verhielt; dann zweitens, daß der Einfluß der Aberration und Nutation, die Picard noch nicht kannte, ungerechnet sei und daß drittens auch einige kleinere Fehler an den Dreiecksbestimmungen haften. Diese Fehler aber compensirten sich so gut, daß Lacaille nach ihrer Verbesserung nahezu dasselbe Resultat erhielt[85]).

Picard fand aber seine Messung selbst noch nicht genügend und schlug daher vor, dieselbe im Meridiane von Paris durch ganz Frankreich auszudehnen. Dieses Unternehmen ward auch wirklich unter der Protektion des Ministers Colbert von Cassini, dem ältern, Lahire und Maraldi im Jahre 1680 mit mehreren Messungen nördlich und südlich von Paris angefangen, fand aber dann eine langjährige Unterbrechung, bis die Fortsetzung desselben im Jahre 1700 von Lahire und Cassini, dem jüngern, im Verein mit mehreren andern wieder aufgenommen und das Werk nach mehreren Jahren vollendet wurde. Lahire maß den nördlichen Bogen, von Paris bis Dünkirchen, und Cassini den südlichen, von Paris bis Perpignan; der ganze Bogen beträgt ca. $8\frac{1}{3}$°. Im Jahre 1718 machte Cassini die Resultate dieser Messungen im Zusammenhange bekannt. Sie waren sehr überraschend und schienen zu beweisen, daß die südlicheren Erdgrade größer seien als die nördlicheren. Man fand nämlich:

1) aus dem südlichen Bogen den Grad zu 57098 T.
2) aus dem Bogen zwischen Paris und Amiens zu 57060 T.
3) aus dem nördlichen Bogen zu 56960 T.

---

[84]) Mésure de la Terre par Picard Par. 1671. [85]) Mésure des trois premiers degrés du Méridien . . . . par de la Condamine. Paris 1751. p. 239 — 246.

Diese Resultate machten desto mehr Aufsehen, als um diese Zeit gewichtige Stimmen, nämlich Newton und Huyghens die entgegengesetzte Beschaffenheit der Grade behaupteten in Folge ihrer neuen Theorie, daß die Erde an den Polen abgeplattet sei. Diese Theorie war denn auch von dem größten Einfluß auf die Gradmessungen, weßwegen sie hier näher erörtert werden soll.

§ 13.

Die Abplattungstheorie von Newton und Huyghens.

Die erste Frucht für die Wissenschaft aus der französischen Gradmessung war die Vollendung des Gravitations-Gesetzes von Newton. Dieser griff nämlich seine Rechnungen hinsichtlich dieses Gesetzes, die ihn früher wegen des zu fehlerhaft angenommenen Erdhalbmessers nicht zum Ziele geführt hatten, (1682) mit dem genaueren Halbmesser aus den Picard'schen Angaben wieder auf und hatte die Freude, seinen Satz aufs Vollständigste bestättigt zu sehen. Er fand nämlich, daß die Anziehung, die der Mond von der Erde in seiner Entfernung von 60 Erdhalbmessern von ihrem Mittelpunkte erleidet, $= \frac{1}{239.8}$ Fuß sei, während der von Galilaei her wußte, daß die Anziehung auf der Oberfläche = 15′ sei. Es ist aber die erstere Anziehung nahezu der 3600ste Theil von der letztern. Somit konnte Newton den Satz aussprechen: „Der Mond wird um das Quadrat seiner Entfernung (60^2) geringer angezogen als die Körper auf der Oberfläche der Erde" und die quadratische Abnahme der Anziehung nach der Entfernung für die ganze Natur geltend annehmen. Durch dieses Gesetz war sein Attraktionssystem für immer befestigt.

Nun stellte Newton [86]) (1686), geleitet von diesem Attraktionssystem und Huyghens [87]) (1688), geleitet von dem von ihm

---

[86]) In seinem Werke: philosophiae naturalis principia mathematica Cantabrigiae 1686. [87]) 1. Horologium oscillatorium Par. 1673. 2. Traité de la lumière ...... avec un discours de la cause de la pesanteur, Leyde 1691.

entdeckten Gesetze über die Schwungkraft im Kreise, nach welchem die Schwere am Aequator geringer ist, als unter den Polen, die neue Theorie auf: „daß die Erde in der Voraussetzung des Gleichgewichtes ihrer Theile (in welchem sie ja allein im beharrlichem Zustande bestehen kann) nur die Form eines an den Polen abgeplatteten Sphäroides haben könne.“ Ein anderes wissenschaftliches Ereigniß um diese Zeit trug viel bei, daß diese beiden Gelehrten mit dieser Behauptung hervortraten. Als im Jahre 1672 Richer nach Cayenne — 5° nördlich vom Aequator — zu wissenschaftlichen Untersuchungen ging, fand er, daß seine Uhr ihren Gang dort verzögere, weßhalb er das Pendel derselben um 1,25 par. Linien verkürzen mußte. Nach Paris zurückgekehrt, sah er sich gezwungen, dem Pendel wieder die frühere Länge zu geben. Die gleiche Erfahrung machten nachher Varin, Deshayes auf den Inseln des grünen Vorgebirges unter dem Aequator. Da verfehlten Newton und Huyghens nicht, diesen Umstand ihrer Theorie nutzbar zu machen, indem sie mit der Behauptung auftraten, es sei dies eine Folge der durch die Rotation der Erde erzeugten Schwungkraft, und drängten damit eine anderseitige Erklärung des Phänomens aus dem Unterschiede der Wärme zurück.

Ursprünglich leiteten diese beiden ihren Satz über die Abplattung ganz theoretisch her. Dabei verfuhren sie ungefähr so: Sie dachten sich zur Versinnlichung der Sache zwei Säulen von gleichartiger Flüssigkeit unter einem rechten Winkel zusammengesetzt, dessen Scheitel hiemit im Centrum der Erde stehen sollte, da sie von den Säulen die eine im Aequator, die andere im Pole sich endigend annahmen. Sie untersuchten die Bedingungen des Gleichgewichtes dieser beiden Säulen für den Fall der Rotation, wie sie bei der Erde stattfindet, und übertrugen dann diese Erwägungen auf den Erdball selbst, den sie sich zunächst als flüssig dachten. Dadurch fand Huyghens das Verhältniß der beiden Erddurchmesser wie 577 : 578 und Newton wie 229 : 230, von denen das letztere Verhältniß das richtige durch

die Theorie gegebene ist. Nach diesem wäre also die Abplattung $= \frac{1}{230}$, die ungefähr 4 geogr. Meilen an jedem Pole betrüge.

Beide suchten aber auch ihre Theorie durch Gründe der Erfahrung zu sichern. Huyghens seinerseits wies darauf hin, daß eine weiche Thonkugel, die auf eine Axe gesteckt und schnell gedreht wird, sich an den Enden der Axe abplattet und in der Mitte erweitert. Sehr scharfsinnig folgerte er dann, daß seiner Theorie, der das Wasser unwiderstehlich sich füge, auch das Festland sich im Allgemeinen angeschlossen habe; denn wenn das Festland sich an den Polen genau in gleicher Entfernung vom Mittelpunkt der Erde befände, als am Aequator, so müßte das Meer in den letztern Regionen sich nothwendig erhoben oder dasselbe überschwemmt haben; da aber gerade unter dem Aequator große und beträchtlich erhabene Ländermassen liegen, so muß der feste Theil der Erde einmal dort in Folge der Centrifugalkraft herausgetreten sein, dann, um dieses thun zu können, sich damals in einem verschiebbaren (flüßigen) Zustande befunden haben und erst später zu der jetzigen Gestalt erstarrt sein. — Newton wies auf die vom ältern Cassini (1691) entdeckte Abplattung des Jupiter hin.

Dieser Satz von der Abplattung der Erde kann seinen Erfindern nur zum dauernden Ruhme gereichen. Er ward in der Folge immer mehr bekräftigt und hat unwiderlegliche Gründe für sich. Denn es muß sich am Aequator die Schwerkraft aus zwei Gründen vermindern. Erstens ist ihr dort die Schwungkraft direkt entgegengesetzt, während nördlich und südlich vom Aequator diese beiden Kräfte unter einem Winkel ihre Richtungen vereinigen, weßwegen die Fliehkraft nur mit einem Theil ihrer Stärke, und zwar, je mehr man sich den Polen nähert, mit einem desto geringeren Theil der Schwerkraft entgegenwirken kann. Zweitens ist die Schwungkraft am Aequator auch am stärksten, da dort in der Rotation die größte Schnelligkeit stattfindet. Somit ist die Schwungkraft aus doppelter Ursache am Aequator am meisten befähigt, die Schwerkraft zu vermindern. Das dadurch

gestörte Gleichgewicht kann dort nur durch ein größeres Volumen wieder hergestellt werden. So ist eine Anschwellung der Masse am Aequator entstanden, die allmählig gegen die Pole zu sich wieder verliert, wodurch die Erde ein Sphäroid, gleich den andern Planeten, geworden ist. Dieß ist vor sich gegangen, als die Erde noch in einem weniger consistenten Zustande sich befunden hat, der von geologischen Verhältnissen bezeugt wird.

Diese so scharfsinnige Theorie von Newton und Huyghens fand aber unter den damaligen Gelehrten der mathematischen und physikalischen Wissenschaften schwer Eingang; ja es erhob sich dagegen der lebhafteste Streit, der fast ein halbes Jahrhundert währte. Dieser ging vorzüglich von den Geometern aus, welche die letzte Gradmessung ausgeführt hatten, an deren Spitze Cassini, der Jüngere, stand. Letzterer berief sich auch auf die von ihm (1735) angestellte Längengradmessung, deren Resultate der neuen Theorie ebenfalls nicht günstig waren, in keinem Falle aber so viel Zutrauen verdienen. Die entgegengesetzte Behauptung war nun, die Erde sei allerdings keine Kugel, sie sei jedoch am Aequator platt gedrückt und an den Polen am meisten gekrümmt. Der Streit bewegte sich also um die Frage, ob die Erde die Gestalt habe, welche zum Vorschein komme, wenn man eine Elipse um die kleine Axe drehe, (Pommeranzenform), oder ob sie die Gestalt habe, die bei Umdrehung einer Elipse um die große Axe entstehe, (Citronenform). Newton und die, welche seine Anhänger wurden, hielten die französische Gradmessung für ungenau und drangen doch so weit durch, daß man allgemein einsah, daß diese Messung, die nur an einem und zwar an einem so kleinen Theile der Erde vorgenommen worden, nicht geeignet sei, den Streit zu entscheiden. Daher wurde vorzüglich in Frankreich der Wunsch laut, daß eine neue Messung und zwar am Besten unter dem Aequator selbst angestellt werden möchte, die dann auch bald beschlossen wurde.

Damit treten nun die Gradmessungen in eine neue Phase ein. Bisher handelte es sich bei ihnen nur darum, die Größe

der Erde zu bestimmen; von nun an aber, man kann sagen vom 18. Jahrhundert an, ward ein zweiter Hauptzweck mitverbunden, nämlich die Gestalt der Erde zu ermitteln. Ihr Interesse steigt also um so höher, was Humboldt [88]) bezeugt, wenn er von der Bedeutung dieser Operationen, sowie der zwei andern Methoden zur Bestimmung der Abplattung sagt: „Die Geschichte der Wissenschaften bietet neben der Untersuchung der Parallaxe der Fixsterne, die zur **Aberration** und **Nutation** geführt hat, kein Problem dar, in welchem in gleichem Grade das erlangte Resultat (die Kenntniß der mittlern Abplattung und die Gewißheit, daß die Figur der Erde keine regelmäßige ist) an Wichtigkeit dem nachsteht, was auf dem langen und mühevollen Wege zur Erreichung des Zieles an allgemeiner Ausbildung und Vervollkommnung des mathematischen und astronomischen Wissens gewonnen worden ist."

§. 14.

Die Gradmessungen von Peru und Lappland.

Eine neue Gradmessung ward von der Pariser=Akademie beantragt, wozu durch die Verwendung der beiden Minister **Maurepas** und des Cardinals **Fleury** König Ludwig **XV.** eine eigene Expedition ausrüsten ließ. Es war zunächst eine Messung in den Aequatorgegenden beschlossen und Peru dazu ausersehen, wohin auch die Expedition im Mai 1735 von Paris abging. Sie bestand aus den Geometern **Bouguer**, **Condamine**, **Godin** und andern Gelehrten und Technikern, denen sich einige Spanier, darunter der berühmte **Ulloa**, anschlossen.

Die Messungen fanden auf den Hochebenen von **Quito** statt; die Hauptmessung von **Bouguer** und **Condamine** erstreckte sich über den Bogen zwischen den Parallelen von **Cotchesqui** und **Tarqui**, von $0^{\circ}\ 2'\ 31'', 3$ — (—) $3^{\circ}\ 4'\ 32''$, der dem Meridian von **Quito** angehört.

[88]) Kosmos I. Bnd. p. 173.

Ihre Operation, die sie mit größter Sorgfalt und Genauigkeit ausführten, hatte viel Neues an sich, das auch in den spätern Gradmessungen gewöhnlich beibehalten wurde.

Im geodätischen Theile einmal finden wir neu die Messung zweier Grundlinien, von denen die erste, am Nordende des zu messenden Bogens, zur Grundlage der ganzen Triangulation, die zweite, am Südende, zur Controle derselben diente. Wie genau die ganze Messung und Berechnung war, zeigt der Umstand, daß die zweite Basis, in einer gemessenen Länge von 5259 Toisen, nur um 1 Toise länger durch die Berechnung sich ergeben hatte, aus welcher sie erst nach Auflösung von mehr als 30 Dreiecken hervorging. Diese Differenz in der gemessenen und berechneten zweiten Basis brachte einen Abzug von 17 Toisen von der ganzen Bogenlänge, der durch Berechnung gefunden wurde, hervor [89]).

Es bot sich in jenen Gebirgsgegenden durchaus kein ganz ebener Platz zur Basismessung dar; sie mußte daher nur stufenweise gemessen und durch genaue Beobachtung der Höhen- und Tiefenwinkel der einzelnen Theile zu einander erst auf den Horizont reducirt werden. Die erste Basis sowohl als auch die ganze Triangulation wurde auf den Horizont von Carabourou, den Nordpunkt der ersten Basis, 1226 Tois. über dem Meeresspiegel, projicirt. Die geodätische Operation nahm wegen Terrainschwierigkeiten 2 Jahre in Anspruch; es war aber der gemessene Bogen nach Bouguer 176940 Toisen lang, nach Condamine noch um 10 Toisen länger. Den Detail-Bericht über alle Arbeiten geben diese beiden in mehreren Schriften. [90])

Hierauf wurde in astronomischer Observation die Amplitude des Bogens bestimmt und zwar diese geradezu, nicht erst aus den Polhöhen der beiden Orte. Dieß geschah dadurch, daß man

---

[89]) **Mésure des trois premiers degrés du Méridien . . par Condamine Par. 1781 p, 85** und **103.** [90]) Vorzüglich das vorher citirte; dann **La Figure de la Terre determinée par les observations des Mrs. Bouguer et de la Condamine. Par. 1749.**

den Zenithabstand ein- und desselben Sternes (ε im Orion) bei seiner Culmination an beiden Orten mittelst eines Zenithsektors maß. Dieser Zenithabstand wurde angezeigt durch den Winkel, den die Richtung des vom Perspektiv (aus der Nähe des Oculars) herabhängenden Lothes mit dem letztern machte.

Die Differenz dieser Winkel an beiden Orten gab dann die Amplitude des dazwischenliegenden Bogens um so genauer, als die Veränderung der Lothrichtung an die Krümmung der Erde geknüpft ist.

Es wurde aber eine Menge von solchen Zenithabstands-Beobachtungen an beiden Orten angestellt und diese alle dann auf einen Moment, auf den ersten Jänner 1743, reducirt, wobei zum ersten Male bei Gradmessungen auch der Einfluß der Präcession der Nachtgleichen, der Aberration des Lichtes und der Nutation der Erdaxe in Berechnung gezogen wurde. — Im Gegensatze zu diesen correspondirenden Beobachtungen wurden zuletzt auch noch gleichzeitige d. i. Beobachtungen in gleichen Nächten an den beiden Orten, gemacht, um ohne obige Reduktion das Resultat auf einem andern Wege zu finden. Die beiderseitigen Methoden gaben aber ein bis auf einen Sekunden-Bruchtheil gleiches Resultat, nämlich 3° 7′ 1″ für die Amplitude des Bogens zwischen den Parallelen von Cotchesqui und Tarqui, nachdem auch für die Refraktion gehörig Rechnung getragen war [91]).

Jetzt erhielt Condamine für den Grad am Aequator als Länge 56770 Toisen [92]), auf den Horizont von Carabourou bezogen und durch die Reduktion auf die Meeresfläche, die immer durch die einfache Vergleichung zweier concentrischer Kreise geschehen kann, 56750 Toisen, während Bouguer den Grad zu 56753 Tois. auf der Meeresfläche angab. Eigentlich hatte letzterer 56746 Tois. für diese Länge gefunden; er fügte aber noch 7 Tois. hinzu aus Rücksicht auf die von der Wärme veranlaßten Veränderung der eisernen Toise, mit welcher die Basis-Messung

[91]) Mésure . . . . par Condamine p. 222 und 225. [92]) Ebendaselbst p. 228 und 229.

bewerkstelligt wurde. Die gleiche Rücksicht und Untersuchung pflog auch Condamine; er kam aber zu dem Schluße, daß er deßwegen das verlangte Resultat in nichts abändern müsse[93]). Ueberhaupt wichen die Angaben und Ansichten dieser beiden etwas von einander ab; dieß zeigte sich in mehreren Streitschriften, die sie nach ihrer Rückkehr nach Frankreich, die wegen anderer wissenschaftlichen Untersuchungen und Reisen erst in den Jahren 1744—1746 erfolgt war, wechselten. Dieß trug aber desto mehr zur Genauigkeit des Resultates bei, da dadurch kleinere Fehler aufgedeckt wurden; doch erlangte das Bouguer'sche Resultat das größere Ansehen.

Godin und die Spanier maßen zwischen Cuenza und Mira einen Bogen von 3° 26′ 52″ und bestimmten die Länge des Grades zu 56768 Toisen[94]), welches Resultat aber von jeher weniger beachtet wurde.

Die Messung von Bouguer und Condamine dagegen wird bis auf den heutigen Tag noch immer hoch geschätzt und für geeignet gehalten, zu den Berechnungen hinsichtlich der Gestalt der Erde benützt zu werden. Sie ward in der Folge von Delambre[95]) einer Prüfung hinsichtlich ihres Verfahrens unterworfen, in der sie bestand; dabei erfuhr das Resultat nur eine Modification in Rücksicht auf die Veränderung der eisernen Toise durch die Wärme. Aehnliches nahm auch v. Zach vor.[96]) Ersterer und nach ihm die Franzosen[97]) geben nun den Grad am Aequator zu 56737 Toif. an; letzterer zu 56731.

Das Längenmaß, mit welcher die Grundlinie gemessen, eine eiserne Toise, deren Länge von der Akademie aus ungefähr 80 Maßstäben dieser Art als die wahre Toise bestimmt worden war, wurde von dort an zum ewigen Andenken an jenes glänzende Unternehmen die Toise von Peru geheißen und dient noch immer als normales Vergleichungsmaß in allen cultivirten Ländern,

---

[93]) Mésure p. 230. [94]) Ebendaselbst p. 234. [95]) Base du Système mètrique III. 112. [96]) Monatl. Corr. XXVI. 39. [97]) Arago's sämmtliche Werke XIII. p. 12.

woher es auch kommt, daß die Resultate aller Gradmessungen stets in diesem Längenmaße ausgedrückt werden.

§. 15.
Fortsetzung.

Bald nach dem Abgange der Expedition nach Peru rüstete der Minister Maurepas auf Anrathen von Maupertuis (1736) eine zweite Expedition nach Lappland aus, die in jenen Gegenden, also so weit als möglich gegen den Nordpol hin, eine Gradmessung ausführen sollte. Diese war zusammengesetzt aus Maupertuis, Clairaut, Camus, Lemonnier und Outhier, denen sich in Schweden der berühmte Celsius beigesellte. Sie maßen den Bogen zwischen Tornea unter 65°51′1″,5 und dem Berge Kittis jenseits des Polarkreises unter 66°48′30″, somit einen Bogen von 57′28,″5.

Die Operation war im Allgemeinen dieselbe wie in Peru. Es wurde zuerst die astronomische Bogenbestimmung vorgenommen und zwar die Zenithdistanzen von Sternen des Drachen, die hier sehr nahe dem Zenith standen, wie ε im Orion in Peru, beobachtet. Man wählte in diesen, wie in spätern Messungen, Sterne, die dem Zenithe sehr nahe waren, mit Vortheil gegen die Strahlenbrechung. Ja Maupertuis vernachläßigte diese ganz in seinen Berechnungen, weßwegen aber sein gemessener Grad von Bouguer und Condamine [98]) um 16 Toisen geringer angenommen wurde. — Sodann wurde nur eine Basis gemessen und diese fast ganz auf dem Eise des Tornea-Flußes. Doch die ganze Operation geschah nicht mit der Sorgfalt, die Bouguer und Condamine anwendeten; dieß ersieht man schon aus der allzuschnellen Vollendung derselben, die schon in Jahre 1737 erfolgt war. Das Resultat war 57438 Toisen als Länge des Grades unter 66°20′, welches, wie oben gesagt, auf 57422 Toisen reducirt wurde. Durch eine spätere Prüfung, von der weiter unten die Rede sein wird, zeigte es sich aber beträchtlich fehlerhaft.

---

[98]) Mésure .... par Condam. p. 260.

Doch war dieses Resultat immerhin berechtigt, für die Richtigkeit der Theorie **Newtons** und **Huyghens** zu zeugen, die aus der Zusammenstellung, desselben mit dem **Picard'**schen Grade von Paris (57060 Tois.) evident ward [99]). Es ergaben sich aber auch sogleich die bisherigen Gegner der Theorie. **Lacaille** und **Cassini de Thüry** stellten (1740) jene schon einmal erwähnte Revision der ganzen französischen Messung an. Den Hauptausschlag aber für die allgemeine Annahme der Abplattungstheorie gaben die um einige Jahre später bekannt gewordenen Resultate der Messung von Peru.

Nun wurden auch sogleich Berechnungen über die Größe der Abplattung angestellt. **Maupertuis** entwickelt hiezu eine Formel in welcher der sogenannte Abplattungs-Coëfficient aus zwei in verschiedenen Breiten gemessenen Graden abhängt. Er ergab sich aber in anderer Größe als nach der Theorie von **Newton**, jedoch für je zwei verschiedene Grade verschieden: so [100]) aus der verbesserten französischen und lappländischen zu $\frac{1}{145}$, aus der peruanischen und lappländischen zu $\frac{1}{215}$, aus der französischen und peruanischen zu $\frac{1}{304}$. Diese Verschiedenheit in den Abplattungswerthen, die sich auch in der Folge zeigte, war es nun, welche einerseits immer zu neuen Messungen anspornte, anderseits dem Scharfsinne der Mathematiker fortwährend Beschäftigung darbot. Es sollen nun zuerst hier die darauf folgenden Messungen aufgeführt und beleuchtet werden; darauf soll eine Zusammenstellung der Berechnungen folgen.

§. 16.

Weitere Messungen des 18. Jahrhunderts.

Von Frankreich ausgehend wurden nach und nach in allen Ländern Gradmessungen angestellt. Allein nicht alle diese sind mit der wünschenswerthen Genauigkeit ausgeführt, weßwegen

---

[99]) La Figure de la terre determinée . . . . par Maupertuis Amst. 1738 und De observationibus pro figura terae determinanda . . . Auct. Celsio Ups. 1738. [100]) Mésure . . . par. Cond. p. 260 und 261.

mehrere derselben zur Lösung des Problems, das ihnen zu Grunde liegt, wenig oder gar nichts beigetragen haben. Dieses läßt sich sagen von mehreren Messungen, die bald nach der peruanischen noch im 18. Jahrhundert ausgeführt wurden.

Diese sind:

A. Die Messung am Kap der guten Hoffnung.

Lacaille ging 1750 nach dem Kap der guten Hoffnung ab, um die südlichen Sterne zu beobachten und die Mondparallaxe zu bestimmen.

Er benutzte aber auch seinen Aufenthalt daselbst zu einer Gradmessung, die er freilich in zu kurzer Zeit (2 Monaten) und nicht mit den besten Instrumenten ausführte.

Er maß in der Nähe der Kapstadt und fand die Länge eines Grades unter 33° 18″ 30″ südlicher Breite = 57037 Toisen. Diese einzige Gradmessung auf der südlichen Halbkugel hat Veranlassung zu der Behauptung gegeben, daß beide Halbkugeln der Erde ungleichfömig seien, die in der Folge mehr aus einem theoretischen Grunde als durch die Erfahrung unterstützt wurde.

B. Die Messung im Kirchenstaate.

Auf Betrieb des Jesuiten Boscowich[101]) wurden um diese Zeit mehrere Messungen in verschiedenen Ländern angestellt. Weil man auch damals schon einer Ablenkung des Bleilothes viele Schuld beimaß, daß die Resultate der Gradmessungen verschieden sich zeigten, so ging das Bestreben Boscowichs, der diesen schädlichen Einfluß nur in der Nähe der Gebirge vermuthete, dahin, Messungen auf großen Ebenen zu veranlassen. So dachte er, daß in der Nähe von Rom, wo er lebte, mit Vortheil sich eine solche Operation vornehmen lasse und zwar zwischen Rom und Rimini. Er wurde denn auch

---

[101]) Monatl. Corr. v. Zach VIII. 507 .und ff.

nach seinem Wunsche von Papst Benedikt XIV. mit Lemaire beauftragt, eine solche Messung vorzunehmen. Sie maßen in den Jahren 1751 — 1753 einen Bogen von ungefähr 2 Graden und bestimmten die Länge des Grades unter ca. 43° nördl. Br. zu 56973 Toisen.

Allein sowohl ihre astronomischen als geodätischen Beobachtungen bargen viele Fehler in sich, wie später nachgewiesen wurde.

C. Messung bei Turin.

Boscowich schlug sodann die Ebene bei Turin zu einer Gradmessung vor. Diese führte Beccarica (1768) aus und fand den Grad unter 44° 44′ nördl. Br. 57024 Toiss. lang Zach hat sie später mit sehr vorzüglichen Instrumenten revidirt, wobei er in den Dreiecksseiten häufig eine Differenz von 15 Toisen und in den Winkeln von 3′ gegen seine Beobachtungen entdeckte[102]). Der nördliche Standpunkt der Messung war sicherlich zu nahe an das Gebirg, gegen den Monterosa hingerückt, was dem Resultate Eintrag thun konnte.

D. Messung in Oesterreich.

Boscowich wandte sich zugleich nach Oesterreich, wo er so viele Gegenden, besonders die Ebenen von Ungarn, zu Gradmessungen für besonders günstig erachtete. Er setzte es auch bei der Kaiserin Maria Theresia durch, daß eine ausgedehnte Messung in ihrem Reiche in Angriff genommen wurde. Damit befaßte sich Liesganig von 1762 — 1769. Er maß von Sobieschitz nach Warasdin, von Sobieschitz und Brünn nach Wien, von Wien nach Grätz, von Grätz nach Warasdin und bestimmte hiernach die Länge eines Grades unter 48° 43′ zu 57086 Toisen und unter 45° 57′ zu 56881 Toisen. Leider verdienen auch diese Resultate wegen nachgewiesener Ungenauig-

---

[102]) Monatl. Corresp. v. Zach XXVII. 272.

keiten in der Messung kein Ansehen. Zach hat ihre Unzuverlässigkeit auf's Bestimmteste dargethan[103]). Nach dessen wohlbegründeten Ansicht hat Liesganig seine astronomischen Original-Beobachtungen verfälscht, sie willkührlich verändert, um bessere Uebereinstimmung in alle Beobachtungen zu bringen. Er hatte auch zu wenig genaue Instrumente.

E. Die amerikanische Messung.

Noch eine Messung wurde auf Anregung von **Boscowich** unternommen und zwar in den weiten Ebenen Pensylvaniens in Amerika, (1764—1768). Der Engländer **Mason** und der Amerikaner **Dixon** maßen dort von 38° 27′ 34″—39° 56′ 19″ nördl. Br. somit einen Bogen von 1° 28″ 45″.

Sie thaten dieß in der mühsamsten und sorgfältigsten Weise mittelst der Meßkette, wobei Irrthümer unvermeidlich waren. Der ganze Bogen betrug 538078 engl. Fuß, woraus der Grad unter der mittleren Breite der ganzen Strecke d. i. unter 39° 11′ 56″,5 zu 56888 Toisen sich ergiebt. Doch ist diese Messung schätzbar.

F. Messung in Aegypten.

Nouet, der als Astronom die französische Expedition nach Aegypten (1798) begleitete, will dort nach seiner eigenen Aussage eine Gradmessung vorgenommen haben, die aber nicht allgemein bekannt geworden war. Er soll die Länge des Grades in jenen Breiten = 56880 Toisen gefunden haben[104]).

G. Messung in China.

In China wurde schon 1702 von dem Jesuiten **P.** Thomas auf Befehl des Kaisers **Camby** eine Gradmessung veranstaltet. Bei der Ausführung derselben in der Ebene um Pecking betheiligte sich sogar ein Prinz des Kaisers. Das Resultat derselben

[103]) Monatl. Corresp. VIII. 507. IX. 32. 120. [104]) Gehlers Wörterbuch III. p. 855.

ist aber wegen der Unbestimmtheit des dabei gebrauchten Maßes vieldeutig. Aus einem Berichte des P. Casparus Castner[105]), (1705) der selbst vorher in China war, geht hervor: Es wurde ein Bogen von 1° 1′ 32″ gemessen und die Länge desselben zu 200 chinesischen Stadien gefunden. Es betrage aber eine chin. Stadie 360 geometr. Schritte, folglich der gemessene Bogen 72000 geometr. Schritte und die Länge des Grades 70206 geometr. Schritte oder 195 Stadien und 6 Schritte. Sodann verhalte sich der chinesische Fuß, mit dem die Messung angestellt worden, zum römischen wie 16:15; somit gehen auf den Grad 74886 röm. Schritte oder 374430 röm. Fuß. Nimmt man letztern nach Uckert zu 131,5 par. Linien, so findet man für einen Grad 56987,899 Toisen. Van Swinden berechnet ihn zu 57912 Toisen; andere anders[106]). — P. Caspar berichtet auch noch, es habe der Kaiser Camby hernach den chinesischen Fuß so viel kürzer machen lassen, daß nun genau 200 Stadien auf den Grad gehen und der neue chin. Fuß zum alten sich wie 39:40 verhalte.

G. Messung in Ostindien.

Die beste der in diesem §. angeführten Messungen ist ohne Zweifel diejenige, welche Reuben Burrow in Ostindien (1790) bewerkstelligt hat. Sie ist mit großem Fleiße, aber etwas mangelhaften Instrumenten ausgeführt und nach Burrow's Tode von seinem Gehülfen Dalby bekannt gemacht worden. Die Länge des Grades fand sich dort unter 23° 18′ nördl. Br. zu 56725 Toisen[107]).

§. 17.

Die zweite französische Gradmessung.

Die nächste größere und werthvollere Gradmessung geschah wieder in Frankreich und ging wieder von der Pariser-

[105]) Monatl. Corr. I. 589. [106]) Monatl. Corr. X. 522. [107]) Monatl. Corr. XII. 488 und ff.

Akademie aus. Es war einerseits der alte und immer sich neu aufdrängende Wunsch, über die Größe und Gestalt der Erde sich vollkommene Kenntniß zu verschaffen, der zu dieser neuen Messung Anlaß gab, anderseits das Verlangen nach einem neuen Normalmaß für die neue französische Republik von Seite des Nationalconventes (1793). Dieses Normalmaß sollte innigst an die Größe der Erde geknüpft sein, so daß es, wenn es je verloren ginge, immer wieder gefunden und neu bestätigt werden könnte. Es sollte dazu ein bestimmter Theil des Quadranten vom Erdmeridiankreis genommen, und dieser zuvor durch eine möglichst ausgedehnte Messung bestimmt werden. Mit der Ausführung derselben wurden die Akademiker Mechain und Delambre beauftragt. Als Messungslinie wurde durch Frankreich die der ersten französischen Messung beibehalten, dieselbe aber nach Süden zunächst bis Barcelona verlängert. Die Messung des nördlichen Bogens von Rodez bis Dünkirchen ward von Delambre, die des südlichen Bogens, von Rodez bis Barcelona von Mechain ausgeführt; der ganze Bogen erstreckte sich somit von Dünkirchen unter 51° 2′ 9″,55 bis zum Thurme von Montjouy bei Barcelona unter 41° 21′ 44″,8, und war also 9° 40′ 24″,75 lang.

Die Operation zeigt wieder manchen Fortschritt. Es war einmal eine wesentliche Verbesserung in den Winkelmessungs-Instrumenten bis dahin hervorgetreten: man hatte nämlich seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts den Quadranten an denselben mit einem Vollkreis vertauscht, welch letzterer weit weniger Irregularitäten aus den Veränderungen durch Temperatur, aus dem eigenen Gewichte oder aus der Excentricität u. s. w. zuläßt, als ein Theil des Kreises. „Diese Kreise allein sind es, sagt Fischer[109]), welche die jetzige so ungemein vervollkommnete Beobachtungskunst, die große Genauigkeit und Güte der angestellten Beobachtungen, sowie die aus ihnen gezogenen bewunderungs-

---

[109]) Fischer. Höhere Geodaes. II. Abschn. p. 107.

würdigen Resultate erzeugt haben.“ Von nun an sind in allen Winkelmessungs-Instrumenten der wesentlichste Theil zwei concentrische, ziemlich in einer Ebene liegende, metallene Kreise, der **Limbus** und die **Alhidade**, an welch letzterem — dem innern — ein Fernrohr befestigt ist. Bei dieser französischen Messung wurde mit den von **Borda** verfertigten sogenannten Repetitions-Kreisen operirt. Dieses Verfahren — des Repetitionsverfahren[109]) genannt — besteht darin, daß nebst dem einfachen Winkel durch geeignetes Drehen der beiden Kreise und des einen Perspektivs oder auch der beiden, die hier angebracht sein können, auch der zwei-, vier-, sechs- . . . hundertfache Winkel gesucht wird, worauf durch die noch nothwendige Division der Beobachtungsfehler mit dem beobachteten vielfachen Winkel — wenigstens dem Principe nach — ebensosehr zertheilt und so auf's Kleinste verringert wird. — Es wurden sodann auch hier 2 Grundlinien gemessen, die eine bei **Melun**, die andere bei **Perpignan**, beide über 6000 Toisen lang. Die Basismessung überhaupt tritt mit der gegenwärtigen Gradmessung in ein Stadium solcher Vollkommenheit, daß sie nunmehr sicherlich den schwierigsten und empfindlichsten Theil der ganzen Operation ausmacht. Die Hauptanforderungen hiebei liegen immer darin[110]), erstens sie genau horizontal zu messen und zweitens die Veränderungen der Meßstangen durch die Temperatur in Betracht zu ziehen, wofür eine Menge von Instrumenten von der größten mechanischen Gediegenheit angefertigt worden sind, die zusammen der Basis-Apparat heißen. Wegen der erstern Anforderung muß jede niedergelegte Meßstange nivellirt werden, wobei zum Senkeln die Wasserwage dient; wegen letzterer hat man auch Meßstangen aus eigenen Substanzen, die keine besondere Alterirung der Stangenlänge zulassen, wie aus Glas, gradfaserigem Tannenholz, Platin u. s. w. verfertigt. Für die französische Messung sorgte **Borda** in letzterer Beziehung auf diese Weise: er verband jede der 4 aus Platin verfertigten

[109]) **Arago's** sämmtliche Werke. Uebersetz. XIII. Bnd. p. 248 u. ff.

[110]) Fischer. II. Abschn. p. 61 und ff.

Meß-Stangen mit einer Stange von Kupfer, welche jene fast der ganzen Länge nach bedeckt und an einem ihrer Enden auf derselben befestigt ist, so daß das andere Ende, bei Aenderung der Wärme, beziehungsweise auf jene, um den Unterschied der Ausdehnungen beider Metalle, bewegt wird. Durch diese Vorrichtung — diesen Metallthermometer — läßt sich die absolute Aenderung der Stange von Platin erkennen. Sehr wichtig ist auch, daß die Längeneinheit von dem vorhandenen Originale des Masses auf die Meßstangen genau übertragen werden könne. Hier wurden die Meßstangen von Borda nach der Toise von Peru adjustirt und nachher auch mit der von Maupertuis gebrauchten verglichen, um vollkommene Uebereinstimmung in diese 3 Hauptmessungen zu bringen.

Als der obige Bogen gemessen und seine Länge zu 551584,72 Toisen gefunden war, erschien es wünschenswerth, die Operation so weit zu verlängern, daß der 45. Breitengrad, als der mittlere des Erdmeridianquadranten, so genau als möglich in der Mitte des gemessenen Bogens zu liegen komme. Mechain schlug daher vor, die Messung südwärts bis zu den Balearen hinüberzuziehen. Dieser Plan kam aber nicht sogleich zur Ausführung, da Mechain inzwischen starb. Erst im Jahre 1806 wurden Biot und Arago damit beauftragt. Eine große Schwierigkeit lag darin, von den Küsten Spaniens bis zu den Balearen zu visiren. Dieß gelang endlich zwischen dem Berge Mongo an der Küste von Valenzia und der Insel Formentera mittelst Erleuchtung durch Reverberen in der Nachtszeit. Die Messung ward vollendet 1808 [111]). Der ganze Bogen, von Dünkirchen bis Formentera, von 51°2′9,″55 — 38°39′56,″11, beträgt somit 12°22′13,″44 Amplit. und wurde zu 705188,8 Tois. Länge gefunden. Daraus wurde die Länge des 45. Grades zu 57027 Toisen berechnet. Später (1841) entdeckte aber Puissant in der Entfernungsangabe von Formen-

---

[111]) Arago's sämmtliche Werke. Uebersetzung I. Bnd. Selbst-Biographie.

tera und Montjouy einen Fehler, nach dessen Verbesserung der gemessene Bogen eine Länge von 705257 Toisen erhielt.

Zur Erfüllung des speciellen Zweckes, den man mit dieser Messung verband, nämlich ein Normalmaß festzusetzen, war man aber schon geschritten, nachdem nur der Bogen zwischen Dünkirchen und Barcelona gemessen war. Man hielt das Resultat dieses letztern Bogens zu 551584 Toisen mit den Resultaten der peruanischen und lappländischen Messungen zusammen und bestimmte dadurch die Länge des Erdquadranten zu 5130740 T. Davon nahm man den zehnmillionsten Theil als Normalmaß und nannte es mètre. Dieses hat nun die Länge von 443,296 par. Linien oder 3 Fuß 11,296 Linien des frühern franz. Maßes. Nach Bessels Berechnungen ist dasselbe aber um $\frac{4}{100}$ Linien kleiner ausgefallen, als der zehnmillionste Theil des Erdquadranten beträgt. Somit ist das mètre auch kein eigentliches Naturmaß.

Diese ruhmwürdige französische Messung war wieder geeignet, zu neuen Messungen in andern Ländern anzuregen.

§. 18.

Die englische Gradmessung.

Schon im Jahre 1783 begann in England eine sehr vorzügliche Triangulirung des Landes durch General Roy. Damit waren auch die geodätischen Vorarbeiten zu einer Gradmessung geschehen. Diese aber wurde durch Mudge in den Jahren 1800—1802 ausgeführt und umfaßte einen Bogen von nahezu 3° nämlich von Dunnose auf der Insel Wight bis Clifton (bei Doncaster) d. i. von 50°37′8″—53°27′31″. Sie ist eine sehr zuverlässige Messung, da die feinsten Instrumente dabei gehandhabt und eine ängstliche Genauigkeit angewendet wurde. So wurde die Amplitude zwischen Dunnose und Clifton allein durch 294 Beobachtungen der Zenithdistanzen von 15 dem Zenithe sehr nahen Sternen bestimmt, und durch ebenso oftmalige Beobachtungen auch die Amplituden zwischen diesen Orten und den Zwischen-

Stationen. — Merkwürdig war aber das Resultat dieser Messung und blieb es bei jeder neuen Prüfung wieder [112]), nämlich dadurch, daß der nördlichere dieser 3 Grade immer etwas kürzer gefunden wurde als der nächst südlichere. Es zeigte sich nämlich die Länge des Grades unter 52°50′29″,8 = 57017 Toisen; unter 51°2′54′ = 57108 Tois. und im Mittel unter 52°2′19″ = 57069 Tois., und daraus ging eine Aequatorial-Abplattung von $\frac{1}{35}$ hervor. Dieß kam wohl von einer Ablenkung des Bleilothes her, die **Mudge** bei **Clifton** und **Arbury-Hill** vermuthete. Man war daher sehr begierig, was eine Erweiterung dieser Messung in dieser Beziehung liefern würde. Diese ging denn auch vor sich bei Gelegenheit der allgemeinen trigonometrischen Aufnahme von ganz Großbrittannien, in der neuesten Zeit unter der Oberleitung des **Lieutenants-Colonel James**. Es wurden dabei 2 um 4 Längengrade von einander entfernte Meridianbogen gemessen; der eine von **Dunnose** bis **Saxavord** auf den **Shetland**-Inseln hat eine Amplitude von 10° 12′ 31″ und eine Länge von 3729335 engl. Fuß; der andere von **St. Agnes**-Leuchtthurm auf den **Scilly**-Inseln bis Nord-**Rona** hat eine Amplitude von 9° 13′ 41″ und eine Länge von 3370394 engl. Fuß. Man erhielt daraus für die Abplattung der Erde an den Polen das befriedigende Resultat von $\frac{1}{299}$ [113]). Die englische Triangulation ist wiederholt mit der französischen verbunden, so daß man daraus einen Meridian-Bogen von 22° von den **Balearen** angefangen, durch Spanien, Frankreich und Großbrittannien bis **Saxavord** gewonnen hat [114]).

§. 19.

Die schwedische Gradmessung.

Die Messung von **Maupertuis** in Lappland hatte wegen erkannter Fehler nach und nach das Zutrauen verloren. Deßhalb beschloß die schwedische Akademie, besonders auf Verwen-

[112]) Monatl. Corr. XXVI. 109. [113]) Petermanns Mittheilungen 1857 p. 317. [114]) Ebendaselbst.

bung des berühmten Melanderhielm, eine neue zu veranstalten. Auf dessen Betrieb war der vorzügliche Geometer Svanberg schon 1799 nach Torneo abgegangen und besuchte die Stationen der Maupertui'schen Messung.

Er maß[115]) die Winkel und fand die Höhen- und Tiefenwinkel der Signale überall um 2 bis 2½, größer als Maupertuis sie angab. Er entdeckte auch, daß die Stelle im Torneo-Fluße, wo Maupertuis seine Basis gemessen hatte, eine bedeutende Neigung habe.

So mögen nun die Fehler der frühern Messung in der Beobachtung, zum großen Theil aber auch in der Mangelhaftigkeit der Instrumente, sowie in der Unkenntniß des mathematischen Betrages der Ausdehnung und Zusammenziehung der Meßstangen gelegen sein. Deßhalb wurde bei der neuen Messung, die 1801—1803 durch Svanberg und Ofverbom ausgeführt wurde, alle mögliche Sorge getragen, um diese Fehler zu vermeiden. Die Meßstangen waren von Eisen und sehr gut gearbeitet, nach dem Meter und der Toise adjustirt und ihre Länge nach dem Thermometerstande eingesehen und verzeichnet. Nun wurde der Bogen von Mallörn bis Pahtawara, von 65° 31′ 31″—67° 8′ 51″ gemessen und 92777,981 Toisen groß gefunden. Daraus erhält man für den Grad unter 66° 20′ 12″ sofort 57196 Toisen, also um 241 Toisen weniger als Maupertuis angab. Gewöhnlich werden aber 57209 Tois. für den Grad der Svanberg'schen Messung in Rücksicht auf spätere Correktionen genommen[116]).

§. 20.

Die erste und zweite (neuere) Gradmessung in Ostindien.

Bekanntlich führte schon Reuben Burrow (1790) eine Gradmessung in Ostindien aus. Sie ward aber in der Folge bei

[115]) Monatl. Corr. I. 372. II. 250; VII. 561. [116]) Monatl. Corr. XII. 421; XIV. 327.

den Berechnungen von Schmidt und Bessel nicht zugezogen. Dafür wurden zwei neue spätere genommen, die überhaupt zu den größten und wichtigsten Gradmessungen gehören. Die erstere derselben ward im Jahre 1802 vom Major Lambton angefangen und vollendet; sie umfaßte den Bogen von Trivandeporum bis Paudree d. i. von 11° 44′ 53″—13° 18′ 49″ nördl. Br. Die andere wurde gleichfalls von Lambton (1805) angefangen und ca. 9° weit gezogen, worauf sein Tod erfolgte. Nach seinem Tode setzte sie Oberst Everest fort[117]) und brachte sie bis zum Jahre 1825 bereits 16° weit. Sie hatte demnach eine Ausdehnung von Punnae bis Kallianpoor d. i. von 8° 9′ 38″—24° 7′ 11″. Lambton hatte dann selbst noch die Längen einiger Grade aus seinen Messungen angegeben[118]), dabei aber nicht das richtige Verhältniß des englischen Fathom zur französischen Toise gebraucht, welches in 1,06576542:1 besteht, wodurch die Angaben etwas fehlerhaft wurden. Von Kapitain Kater darüber aufmerksam gemacht, corrigirte Lambton diesen Fehler, nahm auch eine Revision seiner Messungen vor und stellte dann folgende Werthe für einzelne Grade auf:

Unter	9° 34′ 44″	beträgt der Grad	56746,5 Tois.
„	13° 2′ 55″	„ „ „	56757,6 „
„	16° 34′ 42″	„ „ „	56777′6 „

Die Messung wurde aber in den letzten Jahren bis nach Kaliana (29° 30′ 48″) fortgesetzt[119]), so daß der gemessene Bogen mehr als 21° beträgt.

§. 21.

Die deutschen und dänischen Messungen. Die neuere Messung am Kap.

Wenn auch etwas später, als in andern Ländern, in Deutschland Gradmessungen angestellt worden sind, und ihre

[117]) Petermann's Geogr. Mittheilungen 1857. p. 317. [118]) Schumachers astron. Nachricht XIV. p. 345 u. ff. [119]) Petermann ..... wie oben.

Resultate wegen geringer Ausdehnung der gemessenen Bogen, die zugleich auch ihrer Breite nach mit denen früherer Gradmessungen zusammenfallen, einen minder erheblichen Beitrag zur Bestimmung der allgemeinen Figur der Erde geliefert haben, so sind sie doch glänzende Werke dieser Art und haben die größte Wichtigkeit wegen der hohen Vollendung aller einzelnen Operationen und der Berechnungen, die allen künftigen Gradmessungen zum Muster dienen werden und auch schon gedient haben. Diese sind:

I. Die Messung von Gauß, oder die sogenannte hannoveranische, im 2. Jahrzehnt unsers Jahrhunderts. Gauß maß nämlich den Bogen zwischen Göttingen und Altona, d. i. von 50° 31′ 48″ — 53° 32′ 45″, somit einen Bogen von 2° 0′ 57″, den er 115163 Toisen lang fand. Daraus gab er die Länge des Grades bei 52° 2′ 17″ n. Br. zu 57126 Tois. an. Fast für die nämliche Breite hatte früher **Mudge** in England den Grad zu 57017 Tois. und noch früher **Musschenbroeck** in den Niederlanden 57033 Tois. gefunden.

Bemerkenswerth und neu ist an dieser Messung die Anwendung des Heliotrops, das Gauß selbst erfunden hat [120]), anstatt eines Signals bei weiten Entfernungen. Da, wo die Entfernung zu groß ist, als daß der Visirbalken durch das Fernrohr gesehen werden könnte, wendete man bisher bengalische Feuer oder parabolische Reflektoren (**Reverberen**) zur Nachtszeit an. Das Heliotrop leistet aber am Tage viel bessere Dienste. Es wird in demselben durch Zurückwerfung des Sonnenlichtes von ebenen Spiegeln ein Spiegelsonnenbild erzeugt, welches man bekanntlich auf weite Entfernung wahrnimmt.

II. Die Messung von Schumacher oder die dänische genannt. Sie wurde zu gleicher Zeit, wie die hannoveranische, im Herzogthum Lauenburg ausgeführt an dem Bogen zwischen Lauenburg und Lyssabbel, d. i. zwischen 53° 22′ 17″ und 54° 54′ 10″, der sich zu 87436 Toisen ergab. Da dieser Bogen 1° 31′ 53″

---

120) Fischer. Höhere **Geodaes**. II. Abschn. p. 24.

hält, so treffen auf den Grad im Mittel desselben d. i. unter 54° 8′ 13″, 5 n. Br. 57092 Tois.

III. Die Messung in Ostpreußen, ausgeführt von Bessel und Bayer [121]) zwischen 1831 und 1836. Der gemessene Bogen erstreckt sich von Trunz bis Memel, d. i. von 54° 13′ 11″ — 55° 43′ 40″, also in einer Amplitude von 1° 30′ 29″, für die eine Länge von 86177 Toisen gefunden ward. Daraus erhält man für den mittlern Grad dieses Bogens, das ist für 54° 58′ 25″ 5 sofort 57142 Toisen. So klein diese Messung ist, so außerordentliche Schärfe der Beobachtung zeigt sie in allen Theilen. Bessel hatte sich dazu eines äußerst genau gefertigten und geprüften Basis-Apparates bedient [122]). Dann aber verließ er, und mit ihm die meisten neuern Geodäten, die Methode des Repetirens der Winkel [123]) und kehrte zur einfachen Beobachtung der Winkel zurück, wobei er jedoch bei Horizontalmessungen die Winkel wiederholt beobachtete, immer von verschiedenen Theilpunkten des Limbus ausgehend. — Ebenso genau und scharf, wie die Beobachtungen, waren aber auch Bessels Berechnungen. Deßwegen sagt von ihm Fischer [124]): „Es giebt beinahe keinen Zweig der rechnenden Geodäsie, der nicht Bessel eine besondere Verbesserung und Vereinfachung verdankt.“

In der neuesten Zeit wurde auch am Kap der guten Hoffnung eine neue vollkommnere Gradmessung durch den englischen Astronomen Maclear ausgeführt und 1848 vollendet [125]). Sie fieng ungefähr beim Nordpunkt der Lacaille'schen Messung an und zog sich von da ca. $3^1/_2{}^\circ$ weit gegen Norden. Die Länge des Grades und zwar vom Mittelpunkt des gemessenen Bogens, d. i. unter 35° 43′ 20″ südl. Br., wird daraus zu 56932,5 Toisen angegeben [126]). Auf der nördlichen Halbkugel ergiebt sich der

---

[121]) So betitelt ist auch das Werk, das die Darlegung dieses Unternehmens zum Inhalt hat. [122]) Fischer Geodaes. II. p. 64. [123]) Ebendaselbst II. p. 194. [124]) Ebendaselbst. Vorrede z. III. Abschn. p. IV. [125]) Schumachers astronom. Nachrichten XXIV. p. 359. [126]) Humboldt. Kosmos IV. p. 22.

Grad für eine etwas größere Breite, nämlich für 40° 0′ 50″ aus der französischen Messung zwischen Formentera und Montjouy zu 56980 Toisen. Sicherlich verdient diese Messung größeres Zutrauen und ist besser geeignet, die südliche Halbkugel unter den übrigen Gradmessungen zu repräsentiren als die von Lacaille. — Eine eigene Beleuchtung verdient aber noch

§. 22.

Die große russisch-scandinavische Gradmessung [127]).

Sie ist die größte unter allen bisher ausgeführten Gradmessungen; denn sie erstreckt sich von den Donaumündungen bis zum Nordende Europa's, bis zur Stadt Hammerfest auf Kwal-Ö, einer Insel des Eismeeres und umfaßt einen Bogen von 25° 20′ 8″. Sie wurde begonnen 1816 und vollendet 1855. Der genaue Bericht hierüber findet sich in dem Werke Struve's, das vor einem Jahre die Presse verlassen hat. Die ganze Messung zerfällt der Zeit nach in 3 Perioden. Das Hauptverdienst haben hiebei Struve, Direktor des Nikolaus-Observatoriums in Pulkowa, der sich 40 Jahre an diesem Unternehmen betheiligt und großentheils dasselbe geleitet hat, und General Tenner, der 34 Jahre damit beschäftigt war. Die Operationen geschahen mit vorzüglicher Genauigkeit und Schärfe.

In der ersten Periode, von 1816—1831 lieferte Tenner den zwischen Bristen in Kurland und Belin im Gouvern. Grodno gelegenen Bogen von 4 ½°; Struve den Bogen zwischen Jakobsstadt an der Düna bis zur Insel Hochland im finnischen Meer-Busen, 3½° lang. Hernach wurden diese beiden Messungen vereinigt, wodurch sich ein Bogen von 8° 2′ 28″, der zwischen ca. 52°—60° n. Br. liegt, ergab.

In der zweiten Periode, von 1831—1845, wurde die Messung in Finnland fortgesetzt. Dieß geschah vorzüglich durch

---

127) Aus Petermann's geogr. Mittheil. 1857 p. 318 u. ff.

Woldstedt, Direktor der Sternwarte in Helsingfors. Es reichte dann der gemessene Bogen von Belin bis Tornea und war 13° 49′ lang.

In der dritten Periode, von 1845—1852 führte einmal Tenner seine Dreiecke bis an die Donau. Dann begann aber die Messung in Schweden und Norwegen über Tornea hinaus als Fortsetzung der russischen. Struve veranlaßte nämlich die schwedische Regierung, daß sie eine neue Messung, die durch verbesserte Instrumente ein genaueres Resultat als die Svanbergische liefern könnte, veranstalten ließ. Es wurde sonach an dem russisch-schwedischen Gränzgebiete ein Bogen von 3° 3′ und in den norwegischen Finnmarken ein Bogen von 1° 46′ gemessen, der seinen nördlichen Endpunkt unter 70° 40′ in Fuglenaes bei Hammerfest hatte. Diese Messungen wurden von Hansteen und Selander geleitet und im Jahre 1852 vollendet. Die russischen und schwedischen Endpunkte bei Tornea wurden durch eigene Triangulation, die Lindhagen und Wagner, beide Astronomen in Pulcowa, verbunden. Zu dem Zwecke der innigsten Verbindung der beiderseitigen Operationen wurden auch die Grundlinien, sowohl im schwedischen Theil, als im norwegischen unter Lindhagen's persönlicher Leitung mit demselben Basis-Apparat gemessen, welcher bei der Messung der meisten russischen Grundlinien gedient hatte.

Was den astronomischen Theil betrifft, so wurden die Breiten von Tornea und Fuglenaes mit Pulcowaer-Instrumenten von Lindhagen und Wagner bestimmt, dann diese Instrumente in den Süden gebracht, um zu gleichen Beobachtungen in den Stations-Punkten in Rußland und besonders am südlichsten Punkte verwendet zu werden. — Die Dreiecke, welche die beiden Endpunkte in Fuglenaes und Ismail (an der Donau) verbanden, waren nicht weniger als 259, wovon 225 auf den russischen und 34 auf den scandinavischen Antheil kamen. Ferner waren 10 Grundlinien gemessen und von 13 Punkten Polhöhe und Azimuth bestimmt worden. Nach Struve's Berechnung

beträgt nun die Länge des Bogens 1447786,78 Toisen. Dorpat liegt ziemlich in der Mitte des Bogens; folglich muß der Meridian von Dorpat als der Hauptmeridian des ganzen Bogens betrachtet werden. — Diese Messung könnte in der Zukunft noch durch die ganze Türkei bis zur Insel Candia verlängert werden.

Mit dieser großartigsten von allen schließen die Gradmessungen, die bis auf unsere Tage ausgeführt worden sind. — Es soll nun auch auf jene Bestrebungen Bezug genommen werden, die den Messungen gefolgt sind, auf jene Berechnungen nämlich, in welchen die Messungs-Resultate in der Weise wissenschaftlich verarbeitet wurden, daß dadurch der Erdball nach Gestalt und Größe mit möglichster Gewißheit zur Kenntniß kam.

IV. Berechnungen der Gestalt und Größe des Erdballs mit Hülfe der numerischen Ergebnisse der Gradmessungen.

§. 23.

Aeltere Berechnungen.

Es muß vor Allem erkannt werden, daß diese Berechnungen nur den mathematischen Erdkörper zu bestimmen vermögen und keinen Bezug haben auf den physischen, dessen Unregelmäßigkeiten sichtbar sind. Sowie die Arbeiten der Gradmessungen nur auf die mathematische Oberfläche der Erde bezogen werden, so lassen die Resultate nur auf die mathematische Figur und Größe der Erde und nicht die physische schließen.

Die mathematische Figur der Erde ist aber, wie Gauß[127]) sie definirt „diejenige Oberfläche, welche die Oberfläche des Wassers in einem mit dem Ocean zusammenhängenden, die

[127]) Gauß, Bestimmung des Breitenunterschiedes zwischen den Sternwarten von Göttingen und Altona. 1828 p. 73.

Erde überall bedeckenden und durchkreuzenden Netze von Canälen annehmen würde. Die geometrische Oberfläche durchschneidet die Richtungen der Kräfte senkrecht, welche aus allen von den einzelnen Theilchen der Erde ausgehenden Anziehungen, verbunden mit der, ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit entsprechenden Centrifugalkraft, zusammengesetzt sind."

Seit **Newton** und **Huyghens** sind nun die Berechnungen der Figur der Erde — von deren Ergebnissen dann die Größen-Dimensionen abhängen — im Zuge. Von dort an wurden die Resultate der Gradmessungen dazu benutzt. Dabei ward, weil man eine Grundlage haben mußte, die Abplattung der Erde an den Polen ein für alle Mal angenommen d. i. die Erde als ein abgeplattetes elliptisches Rotationssphäroid aufgefaßt, auf welche Voraussetzung hin dann die Berechnungen vollzogen wurden. Diese Theorie **Newtons** und **Huyghens** wurde ja durch die fortlaufende Reihe der Gradmessungen immermehr bestättigt und war somit berechtigt, bei den vorgenannten Bestrebungen zu Grunde gelegt zu werden. Hiernach bildete sich für die Berechnungen die Aufgabe, aus der Krümmung des elliptischen Meridian das Verhältniß der beiden Axen zu finden.

Schon **Maupertuis** nahm diese Berechnung auf und gab eine Formel an, die seinen Namen trägt. Diese ist folgender Zusammensetzung: Sind die Längen zweier gemessenen Breitengrade g und G, die ihnen zugehörigen geogr. Breiten ψ u. φ, so ist das Verhältniß der beiden Axen oder der Abplattungs-Coëfficient (δ) $\delta = \frac{G - g}{3\,(G \sin^2 \varphi \doteq g \sin^2 \psi)}$. **Maupertuis**[129]) fand nun daraus durch die Combination seiner Messung (den Grad zu 57438 Tois. genommen) und der Messung zwischen **Paris** und **Amiens** (den Grad dort nach der Verbesserung von **Clairant** zu 57183 Tois. genommen) die Abplattung $= \frac{1}{178}$; **Condamine** aber mit derselben Formel, indem er den Grad des **Maupertuis**

[129]) **Mesure des trois premiers degrés . . . par Condamine. p. 261.**

zu 57422 Tois. und den aus der französischen Messung unter 46° 43′ nördl. Br. zu 57050 annahm [130]):

aus der französ. und lappländ. die Abplattung $= \frac{1}{145}$

" " peruan. " " " " $= \frac{1}{215}$

" " französ. " peruan. " " $= \frac{1}{304}$

Eine nicht weniger genaue Formel entwickelte Puissant zu diesem Zwecke und fand durch die Combination der peruanischen und der großen französischen Messung (ihres I. Theiles) die Abplattung $= \frac{1}{334}$ [131]); Delambre aber, nachdem er diese beiden Messungen revidirt hatte, dieselbe $= \frac{1}{309}$ [132]) und Zach nach seiner Revision $= \frac{1}{310}$ [133]), beide nach eigenen Formeln.

Ferner stellte eine sehr umfassende Berechnung der Gestalt der Erde mittelst der numerischer Elemente aus der Gradmessungen Laplace an. Dieser begnügte sich nicht damit, aus zwei Messungen den Abplattungswerth festzusetzen, sondern nahm die Messungen von den verschiedenen Ländern zugleich in seine Berechnung auf, als die peruanische, die am Kap, die von Pensylvanien, die italienische, die große französische (I. Theil) und die österreichische. Dabei ging er von dem Grundsatze aus, daß bei einem regelmäßigen elliptischen Sphäroide die Zunahme der Meridiangrade den Quadraten der Sinusse der Breite proportional seien. Zuletzt erhielt er als mittleren Abplattungswerth $\frac{1}{277}$. — In gleicher Allgemeinheit bestimmte diesen v. Lindenau, der zu seinen sehr ausführlichen Berechnungen noch mehrere Gradmessungen, die kurz vorher vollzogen waren, wie die englische und zwei ostindische hinzuziehen konnte. Nachdem er auch noch im Gegensatze zu Laplace die lappländische beigezogen und die vom Kap ausgeschlossen hatte, fand er die Abplattung $= \frac{1}{304}$.

Sehr abweichend von diesen Zahlen und auch unter sich sind die Abplattungscoëfficienten, welche man aus den einzelnen

---

130) Mesure, ebendaselbst. 131) Base du Système mètrique III. Vol. 4. 132) Ebendaselbst, p. 112 und 135. 133) Zach monatl. Corr. XXIV. p. 39 und ff.

Gradmessungen, durch Vergleichung der nördlicheren Grade mit den südlicheren gefunden hat: so ergab die italienische Gradmessung $\frac{1}{258}$; die große französische nach Laplace $\frac{1}{150}$ nach Legendre $\frac{1}{148}$; die ostindische nach Lambton $\frac{1}{120}$ Polar-Abplattung; die erstere englische aber gar $\frac{1}{55}$ Aequatorial-Abplattung.

Es wurden sodann nach gefundenem Abplattungscoëfficienten auch die Größen-Dimensionen der Erde berechnet. Die wichtigsten Resultate dieser Art, die auch in der Wissenschaft länger Zeit Geltung hatten, sind folgende:

Für die Abplattung = $\frac{1}{334}$ nach Puissant:

Der Halbmesser des Aequators . . = 3271210 Toisen.
die halbe Erdaxe . . . . = 3261415 „
ein Längengrad des Aequators . . = 57093,3 „
und hievon der 15. Theil oder
die geographische Meile . . . . . . = 3806,2 „

Für die Abplattung = $\frac{1}{310}$ nach Zach:

Der Halbmesser des Aequators . . = 3271558 „
die halbe Erdaxe . . . . = 3261005 „
der Grad des Aequators . . . . . = 57099,5 „
Die geogr. Meile . . . . = 3806,6 „

Für die Abplattung = $\frac{1}{304}$ nach Lindenau: [135])

der Halbmesser des Aequators . . . = 3271980 „
die halbe Erdaxe . . . . = 3261215 „
der Grad des Aequators . . . . . = 57106,8 „
die geogr. Meile . . . . = 3807,1 „

Es mögen nun die hier erwähnten Berechnungen dieser Art genügen; die große Verschiedenheit aller auf diesem Wege erlangten Resultate [136]) treten uns genug zu Gesichte.

---

[135]) Der Breitengrad des Aequat., wie bei Zach = 56731,7 Tois. genommen. [136]) In Schriften dieser Art sind Angaben von berechneten Abplattungs-Coëfficienten in höchst beträchtlicher Anzahl zu finden; nicht wenige Angaben widersprechen sich und dieß besonders deßwegen, da die einen derselben für die ursprünglichen Messungs-Resultate, die andern für die corrigirten gelten, was selten angemerkt ist.

Die Ursache hievon ist aber keineswegs in der Anlage der Berechnungen zu suchen, da Ihnen im Allgemeinen gewiß hinlängliche Schärfe zuerkannt werden muß.

Vorzüglich scharf ist die Formel, die Schmidt [137]) zur Bestimmung der Abplattung aus zwei Gradmessungen entwickelte. Dieselbe giebt die Abplattung, wenn s'' und s' die Längen zweier Grade in den Breiten v'' und v' ausdrücken, folgender Massen:

$$\alpha = \frac{s'' - s'}{3s' \sin(v'' - v') \sin(v'' + v')}$$

Daraus ergiebt sich z. B., wenn man aus der Lappländischen Messung den Grad unter 66° 20' n. Br. zu 57437 T. und aus der peruanischen den Grad unter dem Aequator zu 56753 Tois. nimmt, die Abplattung zu $\frac{1}{209}$, während man mittelst der Maupertuis'schen Formel für dieselben Angaben $\frac{1}{211}$ erlangt. — Für andere Messungen wird aber ebenfalls der Abplattungswerth ein anderer.

§. 24.

Ursachen der Verschiedenheit in den Abplattungswerthen.

Zweierlei Ursachen können vermuthet werden, wenn man diesen Mangel an Uebereinstimmung in der Größe der Abplattung betrachtet: Entweder sind bei den Messungen Fehler vorgefallen, oder die Erde ist kein regelmäßiges elliptisches Sphäroid.

Was nun die Zulässigkeit der erstern Vermuthung betrifft, so giebt es wohl, wie früher dargestellt worden ist, auch unter den eigentlichen und mit bessern Instrumenten ausgeführten Gradmessungen fehlerhafte, die sich zu einer genauen Bestimmung der Abplattung nicht eignen. Aber auch aus diesen sollte keine so große Verschiedenheit in der Größe der Abplattung hervorgehen. Da nun aber auch die mit ängstlicher Genauigkeit ausgeführten

---

[137]) Schmidt's Lehrbuch der mathemat. phys. Geogr. I. p. 176.

und corrigirten Gradmessungen auf eine ebenso große Verschiedenheit führen, so kann die Ursache hievon nicht in der Mangelhaftigkeit dieser Operationen liegen. Damit sei aber nicht gesagt, daß nicht doch auch an den vorzüglichsten Messungen einige kleine Operationsfehler haften können. Doch diese vermöchten niemals die Gestalt der Erde so verschieden anzugeben.

Es muß aber ein anderer Fehler, der nicht von der Operation oder den Instrumenten abhängt, hier in Anschlag gebracht werden. Dieser kann in der astronomischen Beobachtung der Polhöhen von den End- und Hauptzwischenpunkten der Messung einige Sekunden betragen und besteht in der lokalen Ablenkung des Bleilothes. Es wird nämlich die Größe eines Meridian-Bogens am Himmel, den wir uns als eine Ellipse vorstellen, durch den Winkel bestimmt, welchen die durch die beiden Endpunkte dieses Bogens gezogenen Senkrechten nach dem Innern der Erde verlängert gedacht mit einander machen. Um die Senkrechte (auf den Horizont) an jedem Orte zu bestimmen, bedienen wir uns aber des Pendels, indem wir annehmen, daß dasselbe überall wirklich senkrecht auf der gekrümmten Oberfläche der Erde stehe. Dieß aber ist in der That nur auf der mathematischen Oberfläche nicht aber auf dem jener sich möglichst anschließenden Ellipsoide der Fall; denn die Lage des Pendels selbst wird durch die Anziehung aller einzelnen Theile der Erde auf dasselbe bestimmt, und sie würde überall senkrecht sein, wenn die Erde aus einer gleichförmig dichten Materie bestünde. Es belehrt uns aber von dem Gegentheile hievon die Erfahrung, indem schon eine große Verschiedenheit der Dichtigkeit in den der Oberfläche der Erde zunächst liegenden Materien bemerkt wird. Daher kommt es, daß jener Winkel das eine Mal größer ist als die Amplitude des Bogens, wenn nämlich das Pendel am südlichen Endpunkte nach Norden und am nördlichen nach Süden abgelenkt wird, das andere Mal kleiner, wenn die Ablenkung in umgekehrter Weise stattfindet. In einem dritten Falle kann sich auch der Betrag der Ablenkungen an beiden Punkten, wenn sie an den-

selben nach gleicher Richtung hin geschieht, ganz oder zum Theil compensiren. Besonders führen große Bergmassen, die schnell abstürzen, eine bedeutendere Ablenkung des Pendels herbei, wie schon Bouguer in den Cordilleren, Maskelyne am Berge Shehallien in Schottland und Beccaria in den Apenninen bei ihren Untersuchungen gefunden haben. Allein auch Ebenen sind fähig, das Loth abzulenken. „Nichts berechtigt uns zu der Annahme, sagt Schmidt [138]), daß in ebenen Gegenden das Pendel gar keiner Abweichung von der Vertikallinie unterworfen sei; im Gegentheil kann in vielen Ebenen diese Ablenkung des Pendels bedeutender ausfallen als in sehr bergigen Gegenden, und wir dürfen wohl annehmen, daß an allen Stellen der Erde eine Abweichung statt findet, so daß es gar nicht zu verwundern ist, wenn jede Combination von zwei Gradmessungen eine andere Abplattung giebt.“ Soweit der Einfluß aus der Fehlerhaftigkeit der Messung.

Es dürfte aber auch die andere Vermuthung nicht zu verwerfen und eine Unregelmäßigkeit in den äußern Umrissen der Erde Ursache sein, daß aus der Combination von je zwei oder mehreren Gradmessungen verschiedene Abplattungswerthe hervorgehen. Früher schon kamen viele Gelehrte, wie Bouguer, Laplace Delambre zu diesem Schluße, zu dem besonders Lacailles Pendelversuche und Messung am Kap, wenn letztere auch nicht die genaueste ist, und die Thatsache, daß diese Unterschiede am größten sich zeigen, wenn man die Messungen einzeln prüft und die nördlichen Grade mit den südlichen ein und desselben gemessenen Bogens vergleicht, wie bei der großen französischen und englischen Messung, ihnen Veranlassung gab. Aus physischen Ursachen ist aber auch diese Unregelmäßigkeit sehr wohl erklärlich. Die sehr ungleiche Vertheilung des Landes und Wassers (fast die Hälfte der Nordhalbkugel ist Land, dagegen nur der siebente Theil der Südhalbkugel) und das sehr abweichende specifische Gewicht beider

[138]) Lehrbuch I. p. 182.

Haupt-Bestandtheile macht eine vollständige Symmetrie des Erdkörpers fast unmöglich.

Die südliche Hemisphäre mit ihrem vielen Wasser kann den Wirkungen der Schwungkraft weit schneller und vollständiger Folge leisten als die nördliche mit ihrem ausgedehnten Festlande. In dieser Erwägung schloß Delambre, daß die südliche Halbkugel der Erde mehr abgeplattet sei als die nördliche. Auf beiden Hauptkugeln dann veranlassen die Berge schon Abweichungen von einer regelmäßigen Gestalt der Erde. Dazu dürften noch „Anschwellungen gerechnet werden, welche einmal durch geologische Kräfte dann durch Unregelmäßigkeiten in der Massenvertheilung, durch Anziehung des Mondes und der Sonne während des Erstarrens des ursprünglich flüssigen Erdkörpers bedingt sind, und durch welche zum Theil vielleicht die wechselnden Kraft-Wirkungen einer längst vergangenen Zeit gewißer Maßen fixirt worden sind[139]." Allerdings sind dieß Unregelmäßigkeiten zunächst der physischen Erdoberfläche; allein sie haben Einfluß auf die Anziehungskräfte und dadurch auch auf die mathemathische Figur der Erde.

§. 25.

Neuere Berechnungen.

Angesichts dieser Verschiedenheit der Abplattungswerthe aus den bisherigen Berechnungen blieb nur noch ein Weg übrig, die Gestalt und Größe der Erde möglichst richtig zu bestimmen. Dieser bestand darin, ein ideales elliptisches Sphäroid aufzusuchen, welches sich den vorzüglichsten Messungen so genau als möglich anschließe. Drei Gelehrte sind es, welche sich diese Aufgabe stellten und nach einander — die nachfolgenden mit Benützung der Resultate des Vorgängers — daran arbeiteten, nämlich Walbeck, Schmidt und Bessel. Sie thaten dieses mittelst der Methode der kleinsten Quadrate nach den strengsten theoretischen

[139]) „Himmel und Erde," von J. Meier. Leipzig 1855 p. 188.

Anforderungen. „Es sollte dabei, sagt Bessel,[140]) der Methode der kleinsten Quadrate zu Folge, dasjenige Sphäroid als das gesuchte betrachtet werden, welches die gemessenen Entfernungen der Parallelen mit Polhöhen in Uebereinstimmung bringt, deren Unterschiede von den beobachteten der Bedingung dieser Methode entsprechen.“

Walbeck hat diese Aufgabe behandelt (in Abo 1819) in seiner Dissertatio[141]) de forma et magnitudine telluris ex dimensis arcubus meridiani definiendis, indem er das Princip zu Grunde legte, daß die Abplattung und der 360. Theil des Erdmeridian so zu bestimmen wären, daß die Summe der Quadrate der Unterschiede zwischen den gemessenen und berechneten Amplituden ein Minimum sei. Dabei zog er nicht nur die Endpunkte jeder Messung in Rechnung und nahm nur die erste Potenz der in Reihen entwickelten Abplattungsgrößen auf. Die 6 Messungen, die er dazu gebrauchte, waren die peruanische, die englische, die französische, die beiden ostindischen und die neuere lappländische. Walbeck fand als mittleren Werth der Abplattung $\frac{1}{302{,}781}$ des Aequatorial-Durchmessers und als die Länge des mittlern Meridiangrades 57009,758 Toisen.

Schmidt fügte noch die hannoveranische Messung hinzu, machte die Quadratsumme der Polhöhe-Differenzen zu einem Minimum und zog alle Punkte, deren Polhöhen bei diesen Messungen astronomisch bestimmt wurden, in Betracht; auch nahm er die 2. Potenz der Abplattung noch auf. Die ganze Entwicklung findet sich in seinem Lehrbuche[142]). Schmidt legte die Resultate Walbecks als Näherungswerthe zu Grunde, suchte dazu Correktionen und fand[143]) zuletzt die Abplattung $= \frac{1}{297{,}479}$ mit

---

[140]) Schumacher astr. Nachr. XIV. p. 333. [141]) Ist aber nicht vollständig erschienen. [142]) Schmidt's Lehrbuch der mathem. und phys. Geogr. I. p. 183 und ff. [143]) Diese Werthe stehen in der Vorrede seines Buches p. V. Die im Contexte angegebenen, nämlich $\frac{1}{298{,}318}$ Abplattung und 57008,662 Tois. als mittlern Meridiangr., hat er abgeändert, da mittlerer Weilen Correktionen in den ostind. u. engl. Messungsres. vorgenommen worden waren.

einem mittlern Fehler im Nenner von 10,5 und den mittlern Meridiangrad = 57008,655 Toisen mit einem Fehler von 4,26 Toisen. Der mittlere Fehler einer Polhöhebestimmung ergab sich ihm zu 3,1403″.

Bessel nun, der in diesem Probleme das Vollkommenste zu Tage förderte, von 1836—1842, beharrte bei der Methode Schmidt's und legte dessen Resultate zu Grunde; nur zog er noch 3 weitere Messungen, nämlich die dänische, die russische, von Belin bis Hochland, und die von ihm selbst ausgeführte ostpreußische in Rechnung und nahm die Polhöhen mancher Orte und die Länge mancher Bögen etwas verschieden von denen Schmidts. Es sollen denn auch wegen der Wichtigkeit und Vollendung der Resultate, die davon abhängen, alle Angaben aus den Messungen, wie sie Bessel gebrauchte, hier aufgeführt werden Er legte diese, sowie seine ganze Berechnung, in Schumachers [144]) astronomischen Nachrichten nieder.

1. Die peruanische Gradmeßung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen.
Tarqui . . .	— 3° 4′ 32″,068		
Cotesqui . .	† 0° 2′ 31″,387	3° 7′ 3″, 455	176875,5 T.

Diese Angaben beruhen auf den Revisionen, welche Delambre und v. Zach vorgenommen haben. Bessel nahm dann das Mittel der beiderseitigen Angaben.

2. Die erste ostindische Gradmessung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Trivandepor.	11° 44′ 52″, 590		
Paudree . .	13° 19′ 49″, 018	1° 34′ 56″, 428 T.	89813,01 T.

Dieß sind die nach Kapitain Kater's Vorschläge corrigirten Angaben.

---

[144]) Band XIV. p. 269 u. 345; u. Bnd. XIX p. 97—116.

3. Die zweite ostindische Gradmessung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Punnae . . .	8° 9′ 31″,132		
Putchapolliam	10° 59′ 42″,276	2° 50′ 11″,144	160944,20 T.
Dodagoonthah	12° 59′ 52″,165	4° 50′ 21″,033	274694,30 „
Namthabad .	15° 5′ 53″,562	6° 56′ 22″,430	393828,09 „
Daumeragidda	18° 3′ 16″,245	9° 53′ 45″,113	561690,06 „
Takal K'hera	21° 5′ 51″,532	12° 56′ 20″,400	734570,43 „
Kallianpoor	24° 7′ 11″,860	15° 57′ 40″,728	906171,67 „

Bessel hat diese Werthe gewonnen, indem er die ursprünglichen Resultate dieser Messung verbesserte und zwar dadurch, daß er die mit dem Zenithsektor beobachteten Polhöhen einer neuen Rechnung unterwarf.

4. Die französische Gradmessung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Formentera .	38° 39′ 56″,11		
Montjouy . .	41° 21′ 44″,96	2° 41′ 48″,85	153673,61 T.
Barcelona .	41° 22′ 47″,90	2° 42′ 51″,79	154616,74 „
Carcassone .	43° 12′ 54″,30	4° 32′ 58″,19	259172,61 „
Evaux . . .	46° 10′ 42″,54	7° 30′ 46″,43	428019,31 „
Pantheon . .	48° 50′ 49″,37	10° 10′ 53″,26	580312,41 „
Dünkirchen .	51° 2′ 8″,85	12° 22′ 12″,74	705257,21 „

Dieß sind die nach der Entdeckung eines Fehlers durch Puissant, wie früher angegeben worden ist, corrigirten Werthe aus Schumachers astron. Nachrichten XIX. Bnd. p. 97 und ff.

5. Die englische Messung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Dunnose . .	50° 37′ 7″,633		
Greenwich .	51° 28′ 39″,000	0° 51′ 31″,367	49059,89 T.
Blenheim . .	51° 50′ 27″,632	1° 13′ 19″,999	69829,19 „
Arburyhill .	52° 13′ 28″,031	1° 36′ 20″,398	91696,39 „
Clifton . . .	53° 27′ 31″,130	2° 50′ 23″,497	162075,93 „

Bessel hat die Angaben Mudge's etwas geändert.

6. Die hannoveranische Gradmessung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Göttingen . .	51° 31′ 47″,85		
Altona . . .	53° 32′ 45″,27	2° 0′ 57″,42	115163,725 T.

7. Die dänische Gradmessung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Lauenburg .	53° 22′ 17″,046		
Lysabbel . .	54° 54′ 10″,352	1° 31′ 53″,306	87436,538 T.

8. Die preußische Gradmessung.

—	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Trunz	54° 13′ 11″,466		
Königsberg .	54° 42′ 50″,500	0° 29′ 39″,034	28211,629 T.
Memel . . .	55° 43′ 40″,446	1° 30′ 28″,980	86176,975 „

9. Die russische Gradmessung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Belin	52° 2′ 40″,864		
Nemesch . .	54° 39′ 4″,519	2° 36′ 23″,655	148811,418 T.
Jakobstadt .	56° 30′ 4″,562	4° 27′ 23″,698	254543,454 „
Bristen . . .	56° 34′ 51″,550	4° 32′ 10″,686	259110,085 „
Dorpat . . .	58° 22′ 47″,280	6° 20′ 6″,416	361824,461 „
Hochland . .	60° 5′ 9″,771	8° 2′ 28″,907	459363,008 „

Diese Zahlen wurden vom General Tenner mitgetheilt.

10. Die schwedische Gradmessung.

	Polhöhe	Amplitude	Entfernung der Parallelen
Malörn . . .	65° 31′ 30″,265		
Pahtawara .	67° 8′ 49″,830	1° 37′ 19″,565	92777,981 T.

Die Resultate sodann, die Bessel zunächst aus seinen Berechnungen erhalten hat, sind folgende [145]): für die Abplattung: 0,0025112745 = $\frac{1}{299,152}$ mit einem mittlern Fehler von ± 0,000039243; für den mittlern Meridrangrad 57013,109 T. mit einem mittlern Fehler von ± 2,8403 Tois. und als mittlern Fehler in der Polhöhe von ± 2,640 [146])."

§. 26.

Größe und Gestalt der Erde nach Bessels Gesammtangaben.

Nach den vorstehenden Werthen der Abplattung und des mittlern Meridiangrades berechnete Bessel noch näher die Gestalt und das Größenverhältniß der Erde. Andere vermehrten noch dessen Angaben hierüber, so daß der Erdball dadurch seiner Größe und Gestalt nach bis aufs Genaueste gekennzeichnet ist. Es haben aber auch diese Bestimmungen in der Wissenschaft den Vorrang vor allen übrigen. [147]) Diese sind:

A) Die halbe große Axe = 3272077,14 Toisen.
B) die halbe kleine Axe = 3261139,33 "
C) die Länge des Erdquadranten = 5131179,81 "
= 10000855,76 met. bei einem muthmaßlichen Fehler von ± 498,23 met.

---

[145]) Schumacher astron. Nachr. XIX. p. 97—116. [146]) Vor der Entdeckung jenes Fehlers in der franz. Messung durch Puissant gab Bessel an (Schumacher XIV. 345): Abplattung = 0,002498293 = $\frac{1}{300,7047}$ ± 0,00004002 T., mittleren Meridiangrad = 57011,453 T. ± 2,900 T. und mittlern Fehler der Polhöhe = ± 2'', 965. [147]) Im Jahre 1830 gab der Engländer Airy in seiner wichtigen Schrift: Figure of the Earth nach sehr umfassenden Berechnungen als Resultate an: Die Abplattung = $\frac{1}{298,33}$, die halbe Polar-Axe = 3261163,7 Tois., die halbe Aequator-Axe = 3272095,2 Tois., den Meridianquadranten = 5131208 Tois. (Humboldt Kosmos IV. Bnd. p. 152.)

D) die Länge eines Meridiangrades, dessen mittlere Polhöhe $= \varphi$ ist,
$= 57013{,}109 - 286{,}337 \cos 2\varphi + 0{,}611 \cos 4\varphi + 0{,}001 \cos 6\varphi$ Toisen.

E) die Länge eines Parallel-Grades:
$= 57156{,}285 \cos\varphi - 47{,}825 \cos 3\varphi + 0{,}060 \cos 5\varphi$ T.

Ferner die Krümmungs-Halbmesser im Meridian $= r'$, in der darauf senkrechten Richtung $= r''$, in dem Azimuthe $\alpha = r$:

F) $\frac{\omega}{r'}$ [148] $= 0'',06314417 + 0'',00031714 \cos 2\varphi + 0{,}00000013 \cos 4\varphi$

G) $\frac{\omega}{r''} = 0'',06293257 + 0'',00010536 \cos 2\varphi - 0'',00000004 \cos 4\varphi$

H) $\frac{\omega}{r} = 0'',06303837 + 0'',00021125 \cos 2\varphi + 0'',0000000 4 \cos 4\varphi + (0'',00010580 + 0'',00010589 \cos 2\varphi + 0'',00000009 \cos 4\varphi) \cos 2\alpha$

I) Ist die Entfernung vom Mittelpunkte der Erde $= \rho$ und die sogenannte verbesserte Breite [149] $= \varphi'$, so besteht:
$\log \rho \cos \varphi' = \log \cos \varphi - \log \cos \psi$ [150]
$\log \rho \sin \varphi' = \log \sin \varphi - \log \cos \psi - 0{,}0029083.6$

Aus E) ergiebt sich dann die Größe der geographischen Meile zu 3807,235 Tois. oder 22843,41 par. Fuß.

Nach diesem Verhältnisse ist dann:
1) die große Axe = 1718,9 geogr. Meilen.
2) die kleine Axe = 1713,1 „
3) der Flächeninhalt der Erde = 9282060 □ M.
4) der Cubikinhalt „ = 2659310190 Cub. M.

---

[148]) ω ist = 3600 d. i. die Reduktionszahl des Grades auf Sekunden. [149]) Die verbesserte Breite ist jener Winkel, den der Vector (ρ) eines Parallels mit der Ebene des Aequators macht. [150]) Es ist $\sin \psi = e \sin \varphi$ u. log c. = 8,9110835 (e ist die Excentricität).

Noch einmal allgemein die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt nach diesen Angaben Bessels betrachtet, zeigt sie eine Anschwellung unter dem Aequator von 10938 Toisen oder 65628 par. Fuß = 2,873 geogr. Meilen Höhe. Die Erde ist somit in der Aequatorialzone nicht ganz dreimal so viel angeschwollen, als die Erhebung des höchsten Berges der Erde, des Himalayagipfels Kintschindjinga [151]). (4406 T. oder 26436 Fuß hoch) über der Meeresfläche beträgt, oder etwas mehr als $4^3/_7$ mal die Höhe des Montblanc.

§. 27.

Vergleichung der Angaben Bessels mit andern und Schluß.

Bekanntlich giebt es auch noch andere Methoden, die Größe und Gestalt der Erde zu bestimmen, wenn auch die der Gradmessungen als die sicherste bezeichnet werden muß.

Zunächst aber möchte man bei diesen Erörterungen über Gradmessungen auch an die Längengradmessungen und ihre Resultate denken. Allein es sind deren noch wenige angestellt worden und diese sind höchst unsicher. Wegen der so schwierigen Beobachtung der Zeit sind bei diesen jedesmal Fehler solcher Art möglich, daß man ihren Resultaten nie ganz trauen darf. Im Allgemeinen haben aber auch die bisherigen Messungen dieser Art eine elliptische Gestalt der Erde zu erkennen gegeben; es läßt sich nämlich gleichfalls aus zwei Längengradmessungen die Abplattung berechnen, wiewohl nicht zwei zuverläßige dieser Art vorhanden sind. Puissant hat solche Berechnungen angestellt und eine Polar-Abplattung in der Größe zwischen $\frac{1}{271{,}31}$ — $\frac{1}{292}$, also eine größere, wie aus den Breitengradmessungen, gefunden [152]).

Andere Methoden, durch die die Krümmung der Erdoberfläche untersucht wurde, sind 1. die Beobachtungen der Pendelschwingungen an verschiedenen Orten der Erde 2. die Beob-

[151]) Humboldt. Kosmos IV. p. 30. [152]) Gehlers phys. Wörterbuch III. 878.

achtungen der störenden Einwirkung der elliptischen Gestalt der Erde auf die Bewegung des Mondes (die sogenannten Monds-Gleichungen).

Erstere Methode zeigte noch größere Schwankungen in den Abplattungswerthen als die Gradmessungen; doch führen die besten Beobachtungen,[153]) nach Sabine's und Biot's Berechnungen, auf eine Größe der Abplattung zwischen $\frac{1}{275}$ und $\frac{1}{290}$. Die letztere Methode, die weit zuverlässigere, hat nach Laplace's Untersuchungen, dieselbe ziemlich übereinstimmend mit den Gradmessungen $= \frac{1}{306}$ ergeben [154]).

Somit schwanken die Abplattungswerthe aus allen Methoden der Mehrzahl nach zwischen $\frac{1}{310}$ und $\frac{1}{280}$. Diese Schwankung ist aber nicht von so beträchtlicher Größe für das Verhältniß der beiden Erdaxen. Es ziehen nämlich diese beiden Gränzwerthe — für eine Differenz von 30 Einheiten im Nenner — keinen größern Unterschied der beiden Axenlängen als von ungefähr 1130 Toif. nach sich, was unbedeutend erscheint im Verhältniß zur Größe der Erde.

Endlich folge noch eine Tabelle, die den Unterschied der beobachteten und (nach Bessel) berechneten Längen von einzelnen Graden angibt, wodurch einerseits die Abweichung des idealen Sphäroides von den Resultaten der Messungen an den einzelnen Punkten der Erdoberfläche ersichtlich wird, anderseits eine Uebersicht der vorzüglichsten Gradmessungen gegeben ist [155]).

Name des Landes.	Polhöhe	Gemessener Grad	Berechneter Grad	Differenz
Schweden	66°20′12″	57209 T.	57207,13 T.	+1,87 T.
Rußland	56° 3′55″,5	57137 „	57120, 0 „	+17 „
Preußen	54°58′26″	57142 „	57110, 3 „	+31,7 „
Dänemark	45° 8′13″,5	57092 „	57102, 0 „	—10 „

[153]) Humboldt Kosmos IV. p. 29. [154]) Ebendaselbst p. 24.
[155]) Die Angaben der beobachteten Längen der Grade sind theils dem Frühern theils Humboldts Kosmos (IV. p. 22) entnommen.

Name des Landes	Polhöhe	Gemessener Grad	Berechneter Grad	Differenz
Hannover	52° 2′17″	57126	57087,0	+ 39 T.
England	52° 2′19″	57069,8	57082,2	— 12,4
Frankreich	44°51′ 2″,5	57012,5	57012,4	+ 0,1
Nordamer.	39°12′ 0″	56889	56956,0	— 67
Ostindien	16°34′42″	56777,6	56773,6	+ 4
———	13° 2′55″	56757,5	56756,3	+ 1,2
———	9°34′44″	56746,5	56743,0	+ 3,5
Peru	— 1°31′ 0″	56731,7	56727,7	+ 4
Kap d. guten Hoffnung	—33°18′30″	57370	56872,6	+164,4
——(Maclear)	—35°43′20″	56932,5	56922,4	+ 10,1

Im Allgemeinen zeigt die verhältnißmäßig gute Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Grade, daß die Hypothese eines elliptischen Sphäroides der wahren Gestalt der Erde sehr nahe komme. Nur zweimal ergibt sich eine beträchtlichere Differenz, d. i. bei der pensylvanischen Messung und bei der erstern am Kap (Lacaille); dieß aber deßwegen, weil sie wegen ihrer Unzuverläßigkeit in die Berechnungen Bessels nicht aufgenommen und hier nur Beispiels halber angeführt worden sind. Eine bessere Uebereinstimmung ist aber bei der letztern Messung am Kap (Maclear) bemerkbar, obwohl auch diese nicht ein Element der Bessel'schen Berechnung war; dieser Umstand ist geeignet, einerseits das Zutrauen zu dieser Messung zu bestärken, anderseits die Behauptung einer ungleichen Abplattung der beiden Erdhalbkugeln zu schwächen.

Somit hat das Werk der Gradmessungen durch die neuern Berechnungen eine feste Bindung in jenem Gesammt-Resultate erlangt. Freilich dürften die Angaben Bessels, wenn in der Zukunft die vollendete russische Messung — deren Beitrag um

so kostbarer sein wird, je größer ihre Ausdehnuug ist — in die Berechnungen aufgenommen sein wird, oder wenn neue große Messungen, etwa auf der westlichen Halbkugel geschehen, einige Veränderungen erfahren; da jede neue Messung dazu beiträgt, die Sicherheit hinsichtlich der Größe der Abplattung und des mittlern Meridiangrades zu vermehren.

Allein das bisher Erlangte ist höchst geeignet, die Ansprüche der Wissenschaft zu befriedigen und als ein herrlicher Preis für die vielen und mühsamen Bestrebungen um dieses mathematischen Problems Willen zu erscheinen.

Anhang.

Ueber die französische Stadien-Hypothese.

§. 1.

Bekanntlich traten französische Gelehrte im vorigen Jahrhundert mit eigenthümlichen Meinungen über das Verhältniß des Stadiums der Alten zur Größe der Erde hervor. Die Veranlassung war folgende: sie entwarfen Karten nach den Angaben der Alten oder maßen ihnen Distanzen nach. Da sie aber gegen neuere Karten oder gegen ihre Messungs-Resultate bedeutende Verschiedenheiten gewahrten, so scheuten sie sich, den Griechen solche Irrthümer beizumessen und kamen so zu der Behauptung, daß diese mehrerlei Stadien gebraucht haben müßten. So verfuhren Cassini, Delisle, le Roy [156]). Besonders sprach Delisle die Behauptung aus, das Wort Stadium sei ein Collectiv-Name für mehrere von einander sehr abweichende Wegmaße. Ein anderer franz. Geograph, Freret [157]), machte Untersuchungen an den ägyptischen Pyramiden und besonders am Nilmesser zu Cairo. Er maß den Cubitus, der daselbst eingezeichnet ist, bestimmte ihn zu 20,544 par. Zoll und behauptet, daß dieser seit vielen Jahrhunderten unverändert geblieben sei und noch über Sesostris hinaufsteige [158]). Mittelst dieses bestrebte er sich das Verhältniß der Fuße und Cubitus der Orientalen, Griechen und Römer aufzufinden und mit unsern Maßen zu vergleichen. Er sagt ferner, die Stadien sind aliquote Theile eines größten

---

[156]) Le Ruin. de la Grèce T. II. [157]) Frèret oeuv. complet. Paris 1796 T. I. [158]) Baily. Geschichte der neuern Astr. Uebers. T. I. p. 214.

Kreises der Erdkugel und findet folgende 6 Stadien, indem er für den Grad des größten Kreises a) $1111^{1}/_{9}$, b) $833^{1}/_{3}$, c) 803, d) $694^{4}/_{9}$, e) 603, f) 500 Stadien rechnet. — Von ihm unterscheidet sich d'Anville[4]), der neben dem olympischen Stadium noch 2 andere kleinerer Art annimmt. — Alle diese Forscher suchten auf verschiedene Weise den Werth des Stadiums zu erklären; keiner stimmte mit dem andern überein. Doch geben alle dem Grad des Meridian, wie er in den einzelnen alten Messungen ausgedrückt ist, dieselbe Größe, sowie sie jedem Stadium 600 Fuß, dem einen größere dem andern kleinere, zumessen. So hat Bailly[5]) wieder eine ganz eigene Ansicht. Durch ihn vorzüglich ward noch ein zweiter Punkt aus diesen alten Messungen in den Streit hineingezogen, nämlich die Originalität dieser Operationen. Nicht sind es, behauptet Bailly, die Griechen, welche ursprünglich die Größe der Erde bestimmt, die Erde gemessen haben, sondern ein Volk im nördlichen Asien, weit vor unserer Geschichte ist es gewesen, das die meisten unserer Künste und Wissenschaften in einem hohen Grade ausgebildet besessen hatte, von welchem auch eine Erdmessung von einer Genauigkeit, die der der Neuern gleich kommt, ausgeführt worden ist. Die Griechen haben dann Nachricht von dieser Messung erlangt, Methoden gesucht, durch welche sich eine solche Operation bewerkstelligen und das Resultat erhalten lasse, und für den Grad des größten Kreises der Kugel eine Anzahl von Theilen festgesetzt, die sie Stadien nannten. Da dieß mehrere versuchten, so sind dadurch verschiedene Angaben entstanden, die aber immer ein und dieselbe Größe der Erde ausdrückten. Somit läßt Bailly einem Eratosthenes und Posidonius nur so viel Ehre, daß sie eine Methode zur Erdmessung, deren Resultat ihnen überliefert ward, gleichsam zum zweiten Male erfunden hätten. — Hierauf leitet er alle Längenmaße der alten Völker von einer Quelle her, von dem großen Kubitus des Nilmessers, den er als Grundmaß jenes

[159]) d'Anville Traité des mesures itinéraires. [160]) Baily im vorhin citirten Werke, I. Thl. p. 210—265.

vorgeschichtlichen Volkes ansieht; von diesem auf die spätern Völker übergegangen zeige er sich in ihren Maßen, die nur aliquote Theile oder Vervielfältigungen desselben seien, in unverkennbaren Zügen. So bringt er mit diesem Kubitus den griechischen, philetärischen, römischen Fuß als kleinere Maße dann das griechische Stadium, die persische Parasange, den ägyptischen und persischen Schönus, die hebräische Meile, den indischen Coß und den chinesischen Ly als größere Maße überein. Er nimmt für die Erdmessungen viererlei Stadien an, nämlich zu 114, 85, 68 und 51 Toisen. Mit diesen erhält er für das Resultat des Eratosthenes — das Bailly immer 250000 Stadien sein läßt — mittelst der zweiten seiner 4 Stadien 59442 Toisen für den Grad, ungefähr um 2400 T. gegen die wahre Größe zu viel; für die 4 übrigen aber, nämlich die zu 180000, 240000, 300000 und 400000 Stadien, obige Stadien der Reihe nach darauf angewendet, ergeben sich ihm 57066 Toisen für den Grad, welches Resultat sehr genau mit der Pariser-Messung von Picard übereinstimmt. Deßhalb erkühnt sich Bailly sogar zu der Hindeutung, daß die ursprüngliche Messung der Alten auch in einer Breite, wie Paris und Amiens liegen, (49—50°), in Asien ausgeführt worden sein müsse, und daß man dadurch den Wohnsitz jenes Volkes erkennen könne. Es sei die Tartarei gewesen, die er die Pflanzschule der Menschen nennt.

Nach Bailly ist es Gosselin [160]), der ebenfalls mit einer eigenen und von den andern verschiedenen Ansicht hervortrat. Er redet von astronomischen Stadien, welche die alten Geographen gebraucht haben sollen. Diese wählten sich nach seiner Hypothese die Größe des Stadiums selbst als aliquoten Theil des Umfanges der Erde, wie später in Frankreich mit dem Meter geschehen ist. Der Unterschied der olympischen, pythischen, italischen und anderer Stadien sei jenen Philosophen, denen die Erdmessungen zugeschrieben werden, unbekannt gewesen. Erst spätere Schriftsteller,

---

[160]) Gosselin. Geogr. systématique et positive des Anciens.

die das Bewandtniß, das es um das Stadium der Geographen hatte, nicht mehr kannten, hätten zur Erklärung der scheinbaren Abweichung der vorliegenden Messungs-Resultate aus den im bürgerlichen Gebrauche stehenden Maßen Griechenlands und Italiens einige, die jenen Unterschied nahezu ausglichen, hervorgezogen und so verschiedene Stadien gebildet, die sie als zu jenen Messungen gehörig bezeichneten. Dadurch sei aber auch die größte Verwirrung in den Angaben der alten Geographie entstanden, und hätte sich nothwendig die Meinung bilden müssen, daß in dieser Beziehung die Alten fast lauter falsche Angaben gemacht haben. — Das sind die vorzüglichsten Vorkämpfer der franz. Ansicht über das Stadium. Ihre Beweise aber bestehen meistens darin, daß sie in manchen Distanz-Angaben der Alten das Vorhandensein ihrer vermeintlichen Stadien nachweisen, indem sie durch Anwendung dieses oder jenes Stadiums auf jene die völlige Uebereinstimmung mit den neuen Beobachtungen darthun. Sie verfahren aber gerade hierin mit der größten Willkühr und stellen Vieles als bewiesen hin, was noch nicht bewiesen ist. Wie sie aber Alles aus Stellen der alten Schriftsteller beweisen wollen, so berufen sie sich, um für's Erste ihre Hauptansicht, nämlich daß man in Griechenland mehrere Stadien gebraucht habe, zu wahren, besonders auf zwei Stellen, von denen die eine dem Gellius, die andere dem Censorinus angehört. Die erstere[161]) lautet: „curriculum stadii, quod est Pisae ad Jovis Olympii, Herculem pedibus suis metatum, idque fecisse longum pedes sexcentos; caetera quoque stadia in terra Graecia, ab aliis postea instituta, pedum quidem esse numero sexcentum, sed tamen aliquantulum breviora.“ Die andere[162]) heißt: „stadium in hac mundi mensura (sc. Eratosthenis) id potissimum intelligendum est, quod Italicum vocant, pedum DCXXV, nam sunt praeterea et alia, longitudine discrepantia: ut Olympicum, quod est pedum DC, item Pythium, pedum M.“

[161]) Gel. Noct. Att. I. c. 1. [162]) Censorin. de die nat. c. 13.

Offenbar redet aber der erstere Schriftsteller hier von den Stadien als Rennbahnen und nicht als Wegmaßen; der letztere läßt eben diese Verwechslung nicht erst seinen Erklärern übrig, sondern begeht sie selbst. Ueberhaupt irrt sich Censorinus in dieser Stelle sehr, indem er das italische und olympische Stadium als verschieden angibt, deren Unterschied nur scheinbar ist. Das erstere Stadium hat nach seinen eigenen Worten 625 Fuß, das letztere 600; nun verhält sich aber der römische Fuß zum griechischen wie 24 : 25; daher sind diese beiden Stadien von gleicher Größe; sodann war das pythische Stadium (Rennbahn) gewiß kleiner als das olympische, welches letztere immer als das größte angesehen war, wie auch die erstere Stelle bezeugt. Somit berechtigen diese beiden Stellen nicht zur Annahme mehrerer Stadien als Wegmaße.

§. 2.

Man sieht nun leicht, wie in diesen Darstellungen der französischen Gelehrten Hypothese auf Hypothese gehäuft und ein Luft-Gebäude aufgeführt ist. Daher bemerkt Uckert[162]) mit Recht: „Es würde nicht schwer fallen, auf diese Art alles zu beweisen, und die Geschichte würde ein leeres Spiel mit Vermuthungen werden, wenn solche Beweisführung gestattet würde.“ Es drängen sich unwillkührlich mehrere Fragen auf, die man ihnen entgegen halten muß.

Warum, möchte man zuerst fragen, haben die Berichterstatter dieser Messungen nicht die Größe des Stadiums angegeben, wenn das Resultat in einem andern ausgedrückt war, als das landesübliche war? Sollten sie das vergessen haben, wodurch das von ihnen Berichtete erst gewürdigt werden konnte? Zudem sind die griechischen Geographen und Geschichtsschreiber genau in

---

[162]) Uckert. Geogr. I. Bnd. II. Thl. p. 53, 54.

der Bestimmung der abweichenden Gewichte und Maße, deren Unterschied sie bei allen Angaben beisetzen. Niemals bemerken sie aber einen Unterschied im griech. Fuß und Stadium[163]). Sollte es nun dennoch einen gegeben haben? Im Gegentheil dürfte aus Bemerkungen des Strabo über die Erdmessungen hervorgehen, daß er durchaus kein anderes Stadium, als das einheimische, meinte, indem er zur Messung des Posidonius von 180000 St. sagt, daß diese die Erde am kleinsten mache[164]), und ein anderes Mal[165]) bemerkt, daß man sich die Erdkugel, je nachdem man die eine oder andere Angabe für den Umfang derselben annehme, größer oder kleiner denke.

Auch Plinius, Vitruvius und Martianus Capella[166]) verstehen beim Maße des Eratosthenes offenbar das olympische Stadium, indem sie 8 Stadien auf eine römische Meile rechnen, welches Verhältniß diesen beiden Wegmaßen innewohnt. Doch es sind astronomische Stadien gewesen, sagt Gosselin, und die griechischen und römischen Geographen kannten dieses Geheimniß nicht. Da möchte man aber wieder fragen: Was veranlaßte die Beobachter, nach astronomischen Stadien zu greifen, da sie die terrestrische Entfernung zweier Orte sich doch zuerst in bürgerlichen Maßen sagen lassen mußten? Warum sind sie nicht lieber bei letztern geblieben? Ferner erregt die Ansicht Bailly's, daß es ein altes Volk im Orient gewesen, das diese Messungen mit der größten Genauigkeit vorgenommen habe, gleichen Zweifel? Sollte man da nicht denken, daß die Griechen doch Vieles und darunter auch die herrliche Messungsmethode von diesem hochgebildeten Volke empfangen und gelernt haben müßten, wovon aber weder die damalige Gelehrsamkeit der Griechen in Astronomie und Meßkunst, noch ihre Schriftsteller Zeugniß geben.

Der Nilmesser, wird ferner behauptet, zeige den Kubitus der Aegypter und Araber, der aber jenem alten Volke entstamme. Was bürgt uns aber dafür, daß die Säule und der Kubitus

---

[163]) Uckert. I. Bnd. I. Abth. p. 69. [164]) lib. II. p. 95. [165]) lib. I. p. 63. [166]) Plin. h. n. II. c. 112; Vitr. I 6 Mart. Cap. VI. p. 198.

desselben jenes hohe Alter haben, das ihnen Freret beilegt? Vielmehr soll diese Säule in neuern Zeiten aufgerichtet worden sein und eine ungleiche Eintheilung aufweisen. So behauptet Uckert [167]) auf viele Zeugniße von neuern Geographen hin. — Zuletzt müßte man sich doch höchlichst verwundern, daß, wenn Eratosthenes und Posidonius die Werthe von der Größe des Erdumfanges aus dem Orient genommen und selbe sich als ihre Erfindung angeeignet hätten, daß keiner ihrer Zeitgenossen und Nachfolger, nicht Hipparch, der mit Eratosthenes in manchen Stücken unzufrieden war, nicht Strabo und andere diesen Betrug gemerkt und aufgedeckt haben sollten. Darum fällt ein desto schwererer Vorwurf auf die französischen Gelehrten zurück, die sich jene Anschuldigung so kühn erlaubt haben, und es bleiben die gerechtesten Zweifel gegen ihre Hypothese.

§. 3.

Was in dieser Frage allein natürlich und haltbar scheint, ist die Annahme von Einem Stadium, in welchem diese Messungs-Resultate ausgedrückt sind. Es ist das Olympische Stadium, das zunächst die Rennbahn von Olympia war, später aber auch, von ca. 880 v. Chr. an, als Längenmaß im griechischen Alterthume gebraucht wurde.

Um diese Zeit erneuerte [168]) nämlich Iphitus zur allgemeinen Freude des Volkes die Olympischen Spiele und führte auch den Wettlauf wieder ein, wozu er die von Hercules bestimmte Länge der Rennbahn beibehielt [169]). Die große Begeisterung aber, mit der dieser Wettkampf vom griechischen Volke gefeiert wurde, brachte es mit sich, daß man anfing, längere Strecken Weges mit dieser Rennbahn (στάδιος) zu vergleichen. Früher hatte man in Griechenland bei solchen Bestimmungen nach Steinwurf-

[167]) Uckert. Ueber die Art der Griechen u. Römer die Entfernungen zu bestimmen und über das Stadium. Weimar 1813. p. 54. [168]) Pausan. V. c. 8. [169]) Pausan. V. c. 7. 8. 16. 24.

Weiten, oder, wie weit die menschliche Stimme zu bringen vermag 2c. gerechnet oder auch häufig den Raum nach der Zeit gemessen. Von da an war aber das Stadium in das Bewußtsein des Volkes gedrungen. „Soweit war man mit diesem Maße bekannt geworden, sagt Ukert, daß man oft die Zeit bestimmte, indem man angab [170]), so lange einer nöthig hat, das Stadium zu durchlaufen, oder ein Plethrum (= 100 gr. Fuß)." Und überhaupt findet sich das Stadium von nun an bei den Schriftstellern. Man dachte sich allgemein unter dem Stadium eine Strecke von ungefähr 600 Fuß. Herodot [171]) nimmt es immer zu 600 Fuß, und die spätern Schriftsteller folgen ihm.

Dabei blieb man aber doch dem frühern Verfahren getreu, den zurückgelegten Weg in Land- und Seereisen nach der verflossenen Zeit zu schätzen; und nur der Unterschied fand statt, daß man früher die Anzahl der Tag- und Nachtreisen selbst aufzählte, jetzt aber für diese eine gewisse Anzahl von Stadien angab. Damit ging Herodot [172]) voran; die Schriftsteller nach ihm, wie Thucydides, Xenophon, Aristoteles, Strabo, Polybius und überhaupt das ganze griechische Alterthum behielten sein Verfahren bei. Herodot nimmt nun an, daß ein Schiff an einem langen Tage höchstens 700 Stad., bei Nacht 600 fahren könne; eine Tagreise zu Lande schätzt er auf 180 od. 200 St.; den Tagmarsch eines Heeres gegen 150 Stadien [173]). Im Allgemeinen sind diese Schätzungen auch nach ihm beibehalten worden; doch geben manche Schriftsteller [174]) andere an. Daraus ist ersichtlich, wie es kam, daß so manche Entfernungen verschieden angegeben wurden. Bedenkt man aber überhaupt die Umstände und Zufälligkeiten, denen eine geringere oder größere Schnelligkeit der Reisen unterliegt, erwägt man die Mangelhaftigkeit des Seewesens der Alten und ihrer Länderkunde und zieht zuletzt auch

---

[170]) Eurip. Medea 1181 u. Aristoteles hist. an. IX. c. 12. [171]) Herodot II. 149. [172]) Herod. IV. 85, 86. [173]) Herod. IV. 85, 86, 101; V. 54. [174]) Theophilus ap. Ptolem. Geogr. I. c. 9. Marcianus Heracleota ed Huds. T. I. p. 67.

in Betracht, von welch unzuverläßiger Seite her, meist von Schiffern oder Kaufleuten die Ortsentfernungen geschätzt wurden, so wird man sich auf die großen Fehler in den Angaben nicht wundern dürfen. Ferner zog man, um die Länge der geraden Linie zu erhalten, für die unvermeidlichen Krümmungen von der Stadien-Anzahl des geschätzten Weges einen Theil z. B. ein Fünftel, ein Drittheil oder mehr ab[175]), was wieder nur in Ungenauigkeiten des Resultats ausschlagen konnte. Man wird also nur so die Abweichungen der alten Angaben von der Wirklichkeit zu erklären haben und sich durchaus nicht gezwungen sehen, mehrerlei Stadien anzunehmen. —

[175]) Strabo II. p. 107. Ptolem. Geogr. I. c. 2, 11, 13.

in Betracht, von welch unzuverlässiger Seite her, meist von Schiffern oder Kaufleuten die Ortsbestimmungen geschöpft wurden, so wird man sich auf die großen Fehler in den Angaben nicht wundern dürfen. Ferner zog man, um die Länge der geraden Linie zu erhalten, für die unvermeidlichen Krümmungen von der Stadien-Angabe des geschätzten Weges einen Theil z. B. ein Fünftel, ein Drittheil oder mehr ab[175], was wieder nur in Ungenauigkeiten des Resultats ausschlagen konnte. Man wird also nur so die Abweichungen der alten Angaben von der Wirklichkeit zu erklären haben und sich durchaus nicht gezwungen sehen, mehrerlei Stadien anzunehmen. —

---

175) Strabo II. p. 107. Ptolem. Geogr. I. c. 2, 14, 13.

Posch, Lorenz,

Geschichte und System der Breitengrad-Messungen eine Inaugural-Dissertation

Freysing 1860

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10429890-5